Clio's stiefkind

E.J. Dijksterhuis

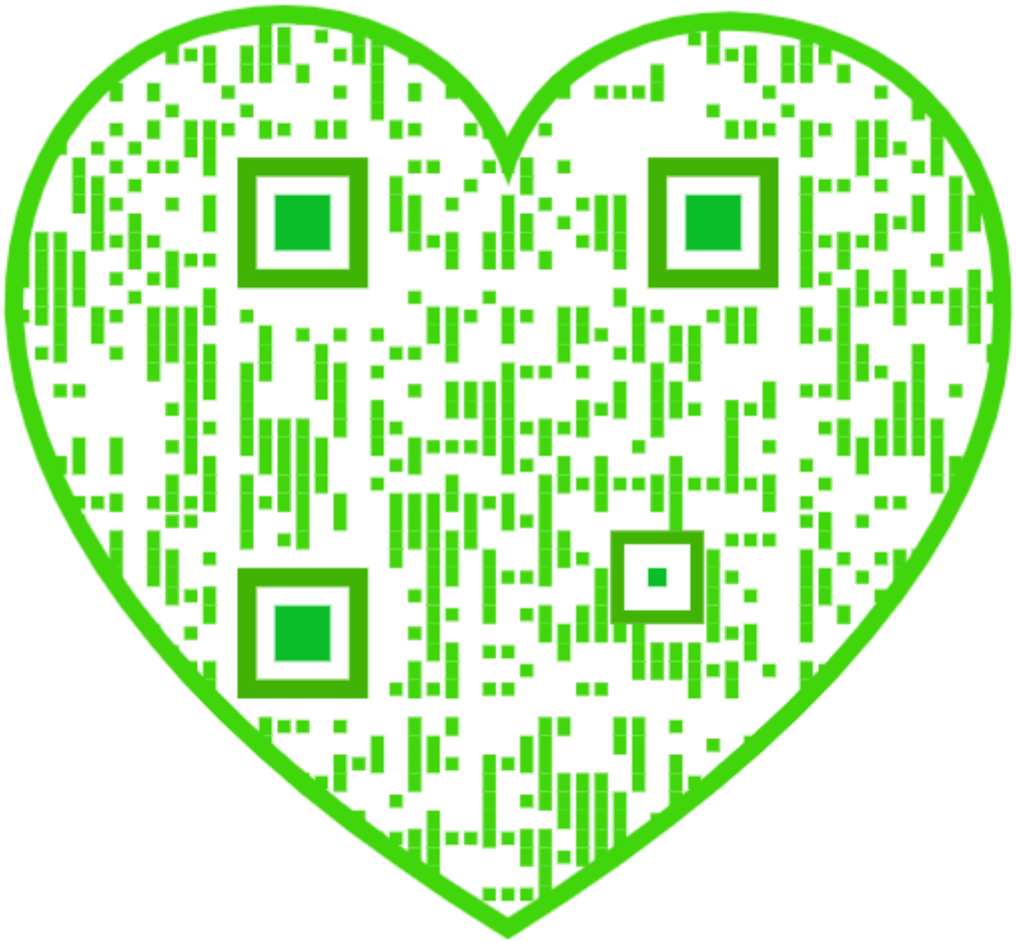
samengesteld door K. van Berkel

bron
E.J. Dijksterhuis, *Clio's stiefkind* (samenstelling K. van Berkel). Bert Bakker, Amsterdam 1990

Zie voor verantwoording: https://www.dbnl.org/tekst/dijk027clio01_01/colofon.php

Let op: boeken en tijdschriftjaargangen die korter dan 140 jaar geleden verschenen zijn, kunnen auteursrechtelijk beschermd zijn. Welke vormen van gebruik zijn toegestaan voor dit werk of delen ervan, lees je in de gebruiksvoorwaarden.

dbnl digitale bibliotheek voor de Nederlandse letteren



Verantwoording

Onder de titel *Clio's stiefkind* is hier een aantal artikelen bijeengebracht van de Nederlandse wetenschapshistoricus E.J. Dijksterhuis (1892-1965). Het doel van deze uitgave is tweeledig: enerzijds wil zij een kennismaking bieden met het werk van een belangrijke Nederlandse geleerde, die ten onrechte alleen bekend is door zijn meesterwerk *De mechanisering van het wereldbeeld*, anderzijds wil zij de aandacht vestigen op de rol die de bij velen nog altijd ondergewaardeerde wetenschapsgeschiedenis kan spelen bij het overbruggen van de kloof tussen de literaire en de technisch-natuurwetenschappelijke cultuur. De wens om met behulp van de wetenschapsgeschiedenis de kloof tussen de twee culturen te overbruggen is bepalend geweest voor leven en werk van Dijksterhuis en loopt als een rode draad door de hier opgenomen essays heen. Ook in de *vorm* van de essays komt dat streven naar harmonie tussen de twee culturen tot uiting: zonder dat ze onmiddellijk tot ‘de’ literatuur gerekend kunnen worden vertonen ze onmiskenbaar literaire kwaliteiten. Ook dat is een reden aandacht te geven aan het werk van Dijksterhuis.

Om dat werk voor de hedendaagse lezer toegankelijk te maken, waren enkele bewerkingen nodig. De eenvoudigste betrof de spelling. Dijksterhuis was behoudend als het ging om het hervormen van de spelling, maar er is van hem geen uitlating bekend waaruit zou kunnen blijken dat hij meende dat vereenvoudiging van de spelling schadelijk zou kunnen zijn voor datgene wat hij wilde zeggen. Ten gerieve van de hedendaagse lezer zijn dan ook alle teksten omgezet in de tegenwoordig gangbare spelling. Evidente drukfouten en vergissingen zijn daarbij meteen stilzwijgend verbeterd, terwijl al te duidelijk archaïsche woordvormen, die de tekst een overdreven ouderwets karakter zouden geven, gemoderniseerd zijn. Griekse en Latijnse citaten zijn voorzien van een vertaling, voor zover Dijksterhuis dat overigens al niet gedaan had. Citaten in het Frans, Duits en Engels zijn eveneens vrijwel alle vertaald; één artikel is speciaal voor deze bundel uit het Duits vertaald.

Bij de bewerking bleek wat al eerder vermoed werd: de teksten hebben niet veel van hun oorspronkelijke zeggingskracht verloren. Gedateerd kan men ze moeilijk noemen. Om die reden is de toelichting beperkt gehouden. Een inleiding geeft een overzicht van het leven van Dijksterhuis, een toelichting bij elk essay plaatst het in het geheel van zijn oeuvre en een enkele toelichtende noot verklaart een ongebruikelijk begrip, een onbekende naam of een verwijzing naar een indertijd actuele gebeurtenis die nu vergeten is.

Ten slotte moet nog iets gezegd worden over het bibliografische apparaat. Omdat bij deze bundel het werk van Dijksterhuis voorop staat en niet de kennis van de door hem beschreven onderwerpen, is wel een (beknopte) bibliografie van zijn eigen werk opgenomen, maar geen literatuuropgave over de behandelde onderwerpen. Waar een literatuurverwijzing noodzakelijk

was om de lezer op de hoogte te brengen van hedendaagse standpunten die wezenlijk afwijken van die van Dijksterhuis, is dit gebeurd in de noten bij de toelichting op de afzonderlijke essays.

K. van Berkel
Voorjaar 1990

I Inleiding
E.J. Dijksterhuis, veerman tussen twee culturen

Als een nieuwe hoogleraar aantreedt, verwacht men van hem dat hij in een inaugurele rede uiteenzet welke richting hij vertegenwoordigt, hoe hij zijn vak ziet en welke nieuwe terreinen hij misschien wil betreden. Dit gold zeker toen in 1953 in Utrecht, als tweede in Nederland, een hoogleraar speciaal voor de geschiedenis van de wiskunde en natuurwetenschappen werd benoemd. E.J. Dijksterhuis - dat was die nieuwe hoogleraar - deed wat men van hem verwachtte en sprak op 26 oktober van dat jaar over *Doel en methode van de geschiedenis der exacte wetenschappen*. Aan het eind van zijn voordracht richtte hij zich nog eens in het bijzonder tot de studenten in de Faculteit der Letteren en Wijsbegeerte. Hij zei te hopen dat ze niet zouden berusten in de zo schadelijke kloof tussen de literaire en de natuurwetenschappelijke faculteiten en hij riep hen op het verloren contact met de natuurwetenschappen te herstellen. Hij waarschuwde echter dat het herstellen van het contact niet kon slagen door onvoorbereid kennis te nemen van de jongste ontwikkelingen op dat terrein. 'Het water dat u ervan scheidt,' zei hij, 'is veel te diep. Stroomopwaarts gaande zult u echter een veer aantreffen dat u naar de overzijde kan brengen. Het veer heet geschiedenis der exacte wetenschappen en ik zal mij gelukkig prijzen wanneer ik de veerman mag zijn.'[1]

De wetenschapsgeschiedenis als het veer tussen de literaire en de natuurwetenschappelijke cultuur - dat is kort samengevat de boodschap die Dijksterhuis, Nederlands bekendste wetenschapshistoricus, zijn leven lang heeft uitgedragen. De wetenschapsgeschiedenis hoort immers naar haar onderwerp bij de natuurwetenschappen, maar naar haar methode bij de geschiedwetenschap en dus bij de literaire cultuur. Voorlopig kon de wetenschapsgeschiedenis die verbindende rol niet of nauwelijks spelen omdat de vertegenwoordigers van de natuurwetenschappelijke cultuur haar te veel als alleen maar een aardig tijdverdrijf voor gepensioneerde onderzoekers zagen, zonder betekenis voor de actieve natuuronderzoekers, terwijl de vertegenwoordigers van de literaire cultuur haar ook nog maar nauwelijks accepteerden als een gewone afdeling van de geschiedwetenschap en haar toch meer tot de natuurwetenschappen rekenden. Dijksterhuis heeft die onderschatting en onderwaardering voortdurend bestreden en met grote vasthoudendheid heeft hij geprobeerd de wetenschapsgeschiedenis een volwaardige plaats onder de wetenschappen te bezorgen, zó, dat het vak zijn culturele functies naar behoren zou kunnen vervullen.

Eduard Jan Dijksterhuis werd op 28 oktober 1892 geboren in Tilburg, waar zijn vader, Berend Dijksterhuis, als leraar geschiedenis en directeur verbonden was aan de Rijks Hogere Burgerschool.[2] Op diezelfde school doorliep Dijksterhuis de HBS en in 1909 deed hij eindexamen. Het was toen nog niet mogelijk met een HBS-diploma aan een universiteit te gaan studeren; daartoe

was het eerst nodig een aanvullend staatsexamen Gymnasium af te leggen, wat Dijksterhuis in 1910 deed. Hij stond toen voor de keus wat te gaan studeren: Grieks of wiskunde, of misschien toch naar het conservatorium? Hij overwoog echter dat hij beter een verdienstelijk amateurpianist kon worden dan een tweederangs concertpianist; bovendien zag zijn vader meer brood in de wiskunde dan in klassieke talen, dus werd het wiskunde. Omdat zijn ouders hem nog wat te jong vonden voor de universiteit hielden ze hem nog een jaar thuis, zodat hij pas in 1911 in Groningen werd ingeschreven voor de studie wiskunde.

De studie leverde weinig problemen op; Dijksterhuis behaalde vlot zijn kandidaats- en doctoraalexamen en promoveerde in 1918 op het proefschrift *Bijdragen tot de kennis der meetkunde van het platte schroevenvlak*. Hoewel hij het predikaat 'cum laude' verwierf, was zijn proefschrift niet opzienbarend; in zeker opzicht was het niet veel meer dan een nadere invulling van theorieën die door zijn promotor J.A. Barrau waren opgesteld. In het licht van zijn latere werk als wetenschapshistoricus is het proefschrift echter wèl van een zekere betekenis. Wie de wetenschapshistorische publikaties van Dijksterhuis overziet, van *Val en worp* uit 1924 tot *De mechanisering van het wereldbeeld* uit 1950, zal zien dat hij de geschiedenis van de natuurwetenschap vooral vanuit de ontwikkeling van de mechanica heeft proberen te begrijpen. De mechanica vormde voor hem in de geschiedenis van de natuurwetenschap de centrale wetenschap. Het vak nam ook een heel aparte plaats in tussen de formele wiskunde en de empirische natuurwetenschappen; naar de aard van haar onderwerp (beweging, kracht) hoorde het bij de natuurkunde, naar de wijze van behandeling bij de wiskunde. Dijksterhuis heeft zich er dan ook altijd tegen verzet dat dit schakelvak tussen wiskunde en natuurkunde in het middelbaar onderwijs zou komen te vervallen of zou worden toegewezen aan hetzij de wiskunde, hetzij de proefondervindelijk onderwezen natuurkunde. Als de 'wiskunde van de fysische grondbegrippen' had het een eigen plaats.[3]

Al voor zijn promotie was Dijksterhuis leraar wiskunde aan een meisjes-HBS in Groningen geworden en na zijn promotie bleef hij in het onderwijs werkzaam. In 1919 kreeg hij in Tilburg een betrekking aan dezelfde Rijks-HBS waar hij ook zelf op had gezeten en hoewel hij in het begin wel geprobeerd heeft elders aan een gymnasium leraar te worden, is hij toch tot 1953 aan dezelfde school verbonden gebleven. In 1920 vestigde hij zich, met speciale toestemming, in het buiten de gemeentegrenzen van Tilburg gelegen Oisterwijk. Vanuit het ruime huis aan het pasgegraven Klompven heeft hij zich meer dan dertig jaar ingezet voor het wiskunde-onderwijs, de beoefening van de wetenschapsgeschiedenis en tal van tijdschriften, commissies en organisaties.[4]

Hoewel zijn hart uitging naar de geschiedenis van de wiskunde en de natuurwetenschappen heeft Dijksterhuis zich allerminst van zijn taak als leraar afgemaakt. Hij had de reputatie zeer snel te corrigeren en ook in andere opzichten de zaken op school niet te laten sloffen. Ondanks het feit dat hij weinig toegankelijk was, een 'strenge' opvatting over de wiskunde huldigde en hoge eisen aan zijn leerlingen stelde, was hij een gewaardeerd leraar. Bovendien zette hij zich ook na schooltijd in voor onderwijsbelangen. Hij werd actief medewerker van het tijdschrift *Euclides*, een speciaal voor leraren bestemde afsplitsing van het *Nieuw tijdschrift voor wiskunde*. Hij leverde talrijke historische bijdragen aan dit tijdschrift, maar liet zich ook niet onbetuigd als het bijvoorbeeld om de positie van het vak mechanica ging of om de opgaven voor het eindexamen wiskunde. Zeer nauw betrokken bij de algemene belangen van het middelbaar onderwijs werd hij

toen hij in 1925 als secretaris zitting nam in een commissie, naar de voorzitter H.J.E. Beth de commissie-Beth genoemd, die op verzoek van het College van Inspecteurs bij het Middelbaar Onderwijs een onderzoek instelde naar het leerplan voor wiskunde en aanverwante vakken op de HBS. De commissie ontwierp een nieuw leerplan en een nieuw eindexamenprogramma, dat echter in onderwijskringen een gemengde ontvangst kreeg en uiteindelijk weinig effect sorteerde.

Nauw verbonden met de vraag naar beste leerplan voor wiskunde op de HBS was het vraagstuk van de opleiding van de leraar aan de universiteit. Ook in die discussie mengde Dijksterhuis zich en in 1926 werd hij door een van de lerarenorganisaties benoemd in een commissie die zich samen met vertegenwoordigers van het hoger onderwijs over het vraagstuk van de lerarenopleiding moest buigen. Terwijl op de universiteiten door velen sceptisch werd gereageerd op plannen om iets aan didactiek te gaan doen - gedegen kennis en een krachtige persoonlijkheid werden belangrijker geacht dan wat onderwijskundige foefjes - pleitte Dijksterhuis juist voor aparte cursussen didactiek, zonder dat hij overigens iets wilde veranderen aan het wetenschappelijk karakter van de studie. Een eigen inbreng in deze discussie had hij door ook aandacht te vragen voor de wetenschapsgeschiedenis als element in de opleiding van de aanstaande leraar. In het onderwijs op de middelbare school, zo betoogde Dijksterhuis, wordt namelijk de geschiedenis van de natuurwetenschap en de wiskunde in versneld tempo herhaald en ziet de leraar zich vaak bij zijn leerlingen geconfronteerd met problemen die sterke gelijkenis vertonen met problemen die vorige generaties hadden met nieuwe denkbeelden op wis- en natuurkundig terrein. Behalve de geestelijke verrijking die de geschiedenis van de wetenschap vanzelf al biedt, zou aandacht daarvoor ook didactisch zeker waarde kunnen hebben.

Ook deze tweede commissie kwam met aanbevelingen waar, althans op de korte termijn, weinig mee gedaan is. Hier en daar werd op de universiteiten een privaatdocent toegelaten voor de didactiek van bijvoorbeeld de klassieke talen of de biologie, maar een serieuze lerarenopleiding zou pas na de oorlog van de grond komen. Deze teleurstellende ervaringen waren echter voor Dijksterhuis geen reden zich af te wenden van het commissiewerk. In 1934 werd hij lid van de Tweede afdeling van de Onderwijsraad, de instantie die na de Eerste Wereldoorlog was opgericht om de minister van Onderwijs van advies te dienen en waarvan de Tweede afdeling de belangen van het middelbaar onderwijs behartigde. In zijn hoedanigheid van lid van de Onderwijsraad heeft Dijksterhuis zich voor en na de oorlog nog ingezet voor het behoud van het vak wiskunde op het lesrooster van het Gymnasium-alfa. Hoewel van verschillende zijden werd aangedrongen op afschaffing van dit voor de alfa's ‘wezensvreemde’ vak, hamerde Dijksterhuis erop dat het voor die alfa's juist zeer goed zou zijn als zij bijvoorbeeld kennis zouden nemen van de Griekse wiskunde. Op die manier zouden zij twee vliegen in één klap kunnen slaan: zij zouden niet vervreemd raken van een belangrijk onderdeel van de hedendaagse cultuur, de wiskunde, en zij zouden niet zo'n eenzijdig beeld krijgen van de Griekse cultuur, die behalve tragediedichters en historici ook grote wiskundigen en astronomen heeft gekend. Een stukje wetenschapsgeschiedenis zou dus ook op de middelbare school mee kunnen helpen om het uiteengroeien van de twee culturen tegen te gaan.

Behalve op deze indirecte manieren heeft Dijksterhuis in de jaren twintig en dertig ook op meer rechtstreekse wijze geprobeerd het ontwikkelde publiek warm te maken voor de wetenschapsgeschiedenis. Als uitvloeisel van het werk voor de commissie die zich met de lerarenopleiding had

beziggehouden bood Dijksterhuis in 1927 en 1928 een reeks voordrachten aan over de geschiedenis van de wiskunde, die voor reeds in het onderwijs werkzame leraren als een soort nascholing te beschouwen waren. Bij gebrek aan belangstelling ging een dergelijke cursus in Tilburg niet door, maar in Rotterdam wel. Die cursus - later gaf Dijksterhuis ook nog voordrachten in Utrecht - vormde voor hem een opstapje naar de academische wereld. Zijn kans kwam toen hij in 1930 in Amsterdam werd toegelaten als privaatdocent in de geschiedenis van de wiskunde. Dat was een onbezoldigde functie die Dijksterhuis elke woensdagmiddag van Oisterwijk naar Amsterdam voerde, in de hoop dat het vak bij studenten zo zou aanslaan dat er op den duur een bezoldigd lectoraat of buitengewoon hoogleraarschap voor zou worden ingesteld. (Het privaatdocentschap werd wel eens de wachtkamer voor toekomstige hoogleraren genoemd.) Behalve in Amsterdam kreeg Dijksterhuis ook zo'n kans in Leiden, waar hij in 1932 ook als privaatdocent werd toegelaten. In beide plaatsen gaf hij vooral college over de geschiedenis van de Griekse wiskunde, waar hij zich in die periode intensief mee bezighield.

Zijn eerste wetenschapshistorische publikaties hadden vooral betrekking gehad op de geschiedenis van de natuurwetenschappen. In 1920 had hij in *De Gids* gedebuteerd met een artikel over Galilei en in 1924 had hij *Val en worp* geschreven, een overzicht van de geschiedenis van de mechanica van Aristoteles tot Newton. Voor de beoefening van de wetenschapsgeschiedenis in Nederland was het verschijnen van dat boek een belangrijke gebeurtenis. Tot dat moment waren zelfstandige publikaties op dat gebied betrekkelijk zeldzaam geweest. Weliswaar was al aan het eind van de negentiende eeuw begonnen met de indrukwekkende uitgave van Huygens' *Oeuvres complètes*, maar wat Nederlandse wetenschapshistorici daarnaast aan eigen werk produceerden was òf tamelijk oppervlakkig en amateuristisch òf zeer specialistisch. Tot de goede uitzonderingen behoorde één van Dijksterhuis' Groningse leermeesters, de chemicus F.M. Jaeger. Tijdens de Eerste Wereldoorlog, toen hij door de handelsbelemmeringen en de daaruit voortkomende haperingen in zijn energievoorziening zijn eigenlijke chemische onderzoekingen tijdelijk moest staken, was Jaeger zich in de geschiedenis van de scheikunde gaan verdiepen en het resultaat was een aantal niet onverdienstelijke studies over bijvoorbeeld de atomist David van Goorle en de alchemist Anselmus de Boodt.[5] Maar een studie met de degelijkheid en de breedte van visie van *Val en worp* was nog niet verschenen.

Wat het boek verder zo bijzonder maakte, was het ruime gebruik dat Dijksterhuis maakte van oorspronkelijke bronnen. Niet tevreden met de gewoonte om uit de tweede of derde hand te citeren nam hij uitvoerige Griekse, Latijnse en Italiaanse tekstfragmenten op om zijn betoog te adstrueren. Naast die originele teksten plaatste hij dan een nauwkeurige Nederlandse vertaling. Zo kon hij zijn filologische en zijn wiskundig-natuurwetenschappelijke kennis wederzijds vruchtbaar laten zijn. Maar behalve door de pijnlijke nauwgezetheid van zijn verantwoording viel het werk te midden van de vaderlandse produktie op wetenschapshistorisch terrein ook nog op doordat Dijksterhuis aansluiting vond bij discussies die internationaal gaande waren. Hij haakte in op de door de Franse onderzoeker Pierre Duhem gelanceerde these dat de Wetenschappelijke Revolutie van de zeventiende eeuw eigenlijk niet zoveel nieuws had gebracht en dat alles wat in de zeventiende eeuw aan nieuwe inzichten naar voren was gebracht al in de veertiende eeuw in een kring van Parijse natuurfilosofen geformuleerd was. Dijksterhuis onderschreef de continuïteitsthese van Duhem tot op grote hoogte, maar hield in tegenstelling tot zijn grote voorbeeld vast aan een principieel verschil tussen de middeleeuwse en de vroegmoderne wetenschap.

Na *Val en worp* ging Dijksterhuis zich meer en meer concentreren op de geschiedenis van de wiskunde en in het bijzonder op die van de Griekse wiskunde. In eerste instantie stortte hij zich op de *Elementen* van Euclides, waarvan hij graag een moderne editie-met-vertaling uit wilde brengen. Voor de Nederlandse markt was dat echter te hoog gegrepen en het tweedelige boek waarvan het eerste deel in 1929 verscheen hield het midden tussen een vertaling van en een studie over de *Elementen*: Dijksterhuis parafraseerde de *Elementen*, vertaalde belangrijke stukken en voorzag het geheel van doorlopend commentaar. Voor dat commentaar - en dat was iets nieuws - ontwierp hij een nieuwe wiskundige notatie, aangezien een 'hertaling' van de Griekse wiskunde in moderne wiskundige formules onvermijdelijk tot anachronismen zou leiden. Die nieuwe notatie hield een bondiger schrijfwijze in, zonder dat door de notatie verbanden werden gesuggereerd die de Griekse wiskundige niet kon of zou hebben willen suggereren. De moeite die Dijksterhuis zich getroostte om een nieuwe wiskundige notatiewijze te ontwerpen geeft wel aan hoezeer het hem ernst was de Griekse wiskunde voor een hedendaags publiek toegankelijk te maken zonder afbreuk te doen aan de intenties en de beperkingen van de Griekse wiskunde. Aan die beperkingen van de Griekse wiskunde en in het bijzonder het Griekse getalbegrip, wijdde Dijksterhuis in 1930 zijn eerste, openbare les als privaatdocent in Amsterdam. Toen hij twee jaar later ook in Leiden zo'n openbare les moest geven, moest hij uitwijken naar de wiskunde van Descartes om een naar zijn smaak even belangrijk onderwerp uit de geschiedenis van de wiskunde te kunnen behandelen.

Toen Dijksterhuis in 1932 privaatdocent in Leiden werd, kwam hij daar op een zeer gelegen moment. Op initiatief van twee Leidse hoogleraren, de historicus J. Huizinga en de botanicus L.G.M. Baas Becking, zou in de cursus 1932-1933 een serie voordrachten gehouden worden over 'Wereldbeeld en wetenschap rond 1700' en vanzelfsprekend diende ook de kersverse privaatdocent in de geschiedenis van de wiskunde in dat kader een voordracht te verzorgen. De doelstelling van de reeks lezingen was ook precies die van Dijksterhuis: het door middel van de geschiedenis van de natuurwetenschappen aankweken van wederzijds begrip tussen beoefenaars van de natuurwetenschappen en van de literaire vakken. De voordracht van Dijksterhuis over de mathematisering van de natuurwetenschap in de zeventiende eeuw verscheen later in *De Gids*.

Het Leidse privaatdocentschap leverde hem nog iets anders op. Hij maakte kennis met de historicus H.T. Colenbrander, die in die periode redactie-secretaris van *De Gids* was. In 1933 maakte deze een beroemd geworden uitglijder door ten behoeve van een herdenkingsrede over Willem van Oranje grote stukken over te schrijven - zonder bronvermelding - van de Belgische historicus Pirenne, wat kort nadien ontdekt en openbaar gemaakt werd door onder andere de toen nog in Londen wonende historicus Pieter Geyl. Ondanks een voor hem negatief uitvallend onderzoek weigerde Colenbrander zijn redacteurschap van *De Gids* op te geven, wat voor een groot deel van de redactie reden was om zelf op te stappen. Colenbrander moest toen in allerijl een zo goed als geheel vernieuwde redactie bij elkaar zien te brengen en dat lukte hem tegen ieders verwachting ook nog. Eén van de nieuwe redactieleden, speciaal aangetrokken voor de natuurwetenschappen en de onderwijsbelangen, was Dijksterhuis. Vanaf 1934 maakte hij deel uit van de redactie.

Dit redacteurschap is voor hem van zeer groot belang geweest.[6] Het verschafte hem een platform voor het uitdragen van de gedachte die zijn leven domineerde, de verbondenheid van de

wiskunde en de natuurwetenschappen met de rest van de cultuur. Als zodanig was *De Gids* ook verre te prefereren boven de privaatdocentschappen in Amsterdam en Leiden, die Dijksterhuis dan ook in respectievelijk 1934 en 1936 weer opgaf. *De Gids* had altijd al voor natuurwetenschappen opengestaan. Vanaf de oprichting van het blad in 1837 had steeds iemand deel uitgemaakt van de redactie die een speciale band had met de natuurwetenschappen, maar vóór Dijksterhuis had niemand nog zo nadrukkelijk naar voren gebracht dat de natuurwetenschappen en de wiskunde als cultuurelement gelijkwaardig waren aan de kunst, de religie en de wijsbegeerte. Men hoeft er alleen maar de vele tientallen, zo niet honderden recensies op na te lezen die hij voor *De Gids* geschreven heeft om te zien op hoeveel verschillende manieren hij zijn standpunt aan de lezers van het blad voorhield. Maar Dijksterhuis schreef niet alleen recensies; juist in de jaren dertig publiceerde hij ook met grote regelmaat studies op het terrein van de wetenschapsgeschiedenis in het tijdschrift.

Dat hij zoveel in *De Gids* publiceerde had ook een meer prozaïsche reden: in de crisistijd was het aantal publikatiemogelijkheden beperkt en zeker het publiceren van boeken was moeilijker geworden. Voor een studie die hij in de pen had over Archimedes koos Dijksterhuis dan ook noodgedwongen een weinig elegante, maar in ieder geval begaanbare omweg door in het tijdschrift *Eudides* eerst zo'n veertien korte artikelen over Archimedes te publiceren en de overdrukjes naderhand door de uitgever van het tijdschrift, Noordhoff in Groningen, tot een boek te laten bundelen. Zo verscheen in 1938 wat het eerste deel van de tweedelige studie *Archimedes* had moeten worden. Dijksterhuis ging namelijk nog wel door met het schrijven van nieuwe artikelen en Noordhoff bewaarde de overdrukjes ook, maar bij de bevrijding van Groningen in 1945 ging dit materiaal verloren en na de oorlog zag Noordhoff er geen brood meer in om het materiaal opnieuw te laten zetten en te drukken. Dijksterhuis moest wachten tot in 1956 een Engelse vertaling verscheen eer hij het werk in zijn geheel kon presenteren.

Was *Archimedes* een crisisprodukt, Dijksterhuis zelf omschreef zijn volgende boek, de biografie van Simon Stevin, in 1943 gepubliceerd door Martinus Nijhoff in Den Haag, als een typisch ‘oorlogsprodukt’: beperkte oplage, slechte band, grauw en groezelig papier. De geschiedenis van dit boek is ook in andere opzichten met de oorlog verbonden: door de weinig opwekkende omstandigheden waarin het land verkeerde was de belangstelling voor het roemrijke verleden en in het bijzonder de Tachtigjarige Oorlog sterk toegenomen; bekende en minder bekende vaderlandse figuren werden onder de aandacht van het grote publiek gebracht en over één van hen, Simon Stevin, moest Dijksterhuis in januari 1941 in Teylers Museum in Haarlem een voordracht houden. Uit die lezing groeide het boek, dat weliswaar vrij dik en tamelijk prijzig was, maar desondanks goed verkocht. Binnen een half jaar was de hele oplage uitverkocht.

Het ontstaan, de vorm en het succes van het boek kunnen allemaal met de oorlog in verband worden gebracht; het enige waarmee dit niet zo makkelijk kan is de inhoud ervan. Weliswaar was door de omstandigheden van dat moment de mogelijkheid om uitgebreid archiefonderzoek te doen beperkt gebleven, maar voor het overige had het boek ook in andere, minder sombere perioden geschreven kunnen worden. De preoccupatie met het roemruchte verleden als compensatie voor het donkere heden straalt er niet in door, verwijzingen naar de eigen tijd zijn niet of nauwelijks voorhanden. Dijksterhuis had de oorlog ook niet nodig om zich met Stevin bezig te houden: de drang om Stevin als de ideale wiskundige te portretteren, die geen scheiding kent

tussen theorie en praktijk en behalve voor wiskunde ook gevoel voor taal heeft, was sterker dan enige mogelijkerwijs aan de tijdsomstandigheden ontleende motivatie.

Wat voor de Stevin-biografie geldt, gaat in zekere zin ook op voor Dijksterhuis' werk tijdens de oorlog in het algemeen: hij ging zo lang mogelijk door met datgene wat hij voor de oorlog had gedaan en hij liet zich meer leiden door het belang van de wetenschapsgeschiedenis dan door de tijdelijke oorlogs- en bezettingsomstandigheden. Die houding verklaart een aantal beslissingen die verder moeilijk te rijmen zijn met zijn volstrekt integere karakter.

Naderhand heeft Dijksterhuis zijn opstelling tijdens de oorlog wel eens verdedigd door te wijzen op de gang van zaken in het middelbaar onderwijs. Inderdaad ging dat tot ver in de oorlog, tot in het laatste oorlogsjaar, allemaal zoveel mogelijk op de oude voet door. Weliswaar werden joodse leraren en leerlingen verwijderd en verdween hier en daar ook wel eens een andere leraar of leerling onder onduidelijke omstandigheden, maar zeker in het ver van de Randstad gelegen Tilburg en Oisterwijk was van dat alles niet zo veel te merken.

Ook de redactie van *De Gids* ging door, de Duitse bezetting was geen reden om op te stappen. Men stelde er juist een eer in de vaderlandse traditie die *De Gids* belichaamde zo lang mogelijk voort te zetten. Dus bleef het blad verschijnen, vanaf 1940 zelfs onder leiding van Dijksterhuis, die met ingang van dat jaar het redactie-secretariaat van Colenbrander had overgenomen. Natuurlijk moesten er concessies gedaan worden: de redactie was onder andere door de gevangenneming van de politiek redacteur Telders niet meer op volle sterkte, joodse auteurs mochten niet meer publiceren, evenals de schrijvers die zich niet bij de Kultuurkamer hadden aangemeld. Bovendien moest het blad zich laten welgevallen dat na enige tijd een ‘verantwoordelijk hoofdredacteur’ werd aangesteld in de persoon van de dichter J.W.F. Werumeus Buning (zonder dat men overigens last van hem had, de dagelijkse leiding van het tijdschrift bleef bij de secretaris). Met dat al was *De Gids* van 1944 niet meer *De Gids* van voor de oorlog; voor zover er nog bellettrie verscheen, was de kwaliteit ondermaats en voor het overige dreef het tijdschrift op de wetenschappelijke opstellen, en dus op Dijksterhuis. De enige concessie die de redactie niet hoefde te doen was een inhoudelijke: in de stukken die nog verschenen werd geen poging gedaan de Duitse bezetters of hun Nederlandse handlangers naar de mond te praten. Maar of dat genoeg was om het voortbestaan van het blad te rechtvaardigen, is een zaak die zich moeilijk laat beoordelen.

Iets soortgelijks geldt voor twee andere beslissingen die Dijksterhuis heeft genomen. In 1941 werd hij benoemd in de Akademie van Wetenschappen (voorheen de Koninklijke Nederlandse Akademie) en hij bleef de vergaderingen bezoeken ook al was de Akademie van joodse leden gezuiverd en ook al werd zij in haar werkzaamheden ernstig beperkt door de bezetter. En in 1944 ging Dijksterhuis in op een verzoek van de Faculteit van Wis- en Natuurkunde van de Gemeentelijke Universiteit van Amsterdam om daar college in de geschiedenis van de wiskunde te gaan geven. Het ging niet om een formeel hoogleraarschap, maar wel om een bezoldigde functie van een halve week. Aan de verstrekking van die onderwijsopdracht was een lange geschiedenis voorafgegaan waarbij verschillende partijen elkaar met kandidaten bestookten. Dijksterhuis was de kandidaat van de wiskundige L.E.J. Brouwer, die hem ook onder druk zette de functie te aanvaarden toen ze hem ten slotte werd aangeboden. Dijksterhuis deed het, maar beleefde er weinig plezier aan. In april 1944 ging hij naar Amsterdam voor zijn eerste college, maar studenten waren er sinds de bezetter de ondertekening van de loyaliteitsverklaring verplicht had gesteld nauwelijks meer en al spoedig werd ook het Wiskundig Instituut gesloten. Na september 1944

waren bovendien de verbindingen verbroken en vanaf oktober lag Oisterwijk in bevrijd gebied.

Zo weinig genoegen als hij er tijdens de oorlog aan beleefd heeft, zo veel last heeft Dijksterhuis na de oorlog van zijn beslissingen gehad. De benoeming in de Akademie werd niet bekrachtigd en in Amsterdam verloor Dijksterhuis zijn positie. Weliswaar herkreeg Dijksterhuis de volledige baan die hij in Tilburg had gehad en legde men hem ook verder niets in de weg, maar de verdachtmakingen die aan zijn adres werden geuit hebben de eerste naoorlogse jaren niet tot een erg plezierige periode gemaakt. Ook voor de wetenschapsgeschiedenis is de hele periode van de oorlog niet erg gelukkig geweest. Misschien heeft Dijksterhuis gemeend door de dubieuze benoeming aan de Amsterdamse universiteit te aanvaarden het hem zo dierbare vak een dienst te bewijzen; misschien heeft hij gedacht dat hij de kansen die nu, eindelijk, werden geboden niet mocht laten schieten omdat ze zich wellicht nooit meer zouden voordoen; achteraf valt in ieder geval vast te stellen dat wat er in de oorlog gebeurd is voor de wetenschapsgeschiedenis een valse start is geweest.

In de jaren vijftig leek de oorlog al weer heel lang geleden en de rehabilitatie van Dijksterhuis heeft dan ook niet lang op zich laten wachten. Het belangrijkste was natuurlijk de publikatie in 1950 van zijn hoofdwerk, *De mechanisering van het wereldbeeld*. Dit boek, waarvan al verschillende voorstudies verschenen waren, is meer dan een samenvatting van de geschiedenis van de natuurwetenschappen van de Grieken tot Newton; het is ook een interpretatie van de eigentijdse wetenschap en als zodanig ook een wetenschapstheoretische verhandeling op basis van historisch materiaal. Volgens Dijksterhuis was de natuurwetenschap van zijn eigen tijd nog steeds mechanistisch op grond van het feit dat de kern van de mechanisering van het wereldbeeld, die naar zijn mening in de mathematisering van de natuurwetenschap lag, in de quantummechanica en de kernfysica duidelijker dan ooit naar voren was getreden. Net als bij de overgang van Middeleeuwen naar Nieuwe Tijd beklemtoonde Dijksterhuis bij de overgang van de negentiende naar de twintigste eeuw dus de continuïteit.

In het jaar dat het boek verscheen vond ook de eerste bekroning van het werk van de schrijver plaats: Dijksterhuis werd (eigenlijk voor de tweede keer) benoemd tot lid van de Koninklijke Akademie, en wel in de Afdeling Letteren. Dat hij als wiskundige en wetenschapshistoricus in die afdeling terechtkwam, heeft hem veel voldoening gegeven. Twee jaar later ontving hij voor *De mechanisering van het wereldbeeld* de P.C. Hooft-prijs 1951, die toen voor essayistisch werk was bestemd. Ook daar bleek weer dat zijn werk als wetenschapshistoricus ook bij mensen die traditioneel gerekend worden tot de literaire cultuur grote waardering ondervond. Sluitstuk voor het geheel was dat Dijksterhuis in 1953 buitengewoon hoogleraar in de geschiedenis van de exacte wetenschappen in Utrecht werd, een functie die hij twee jaar later ook in Leiden zou gaan vervullen. Het leraarschap in Tilburg, dat hem al enige tijd niet meer paste, kon hij nu opgeven en medio 1953 verhuisde hij van Oisterwijk naar Bilthoven. De erkenning en de doorbraak waren er uiteindelijk toch gekomen.

In die tijd begon ook de internationale waardering te komen, het eerst in Duitsland, waar men Dijksterhuis in 1950 en 1952 leerde kennen als een zeer begaafd spreker over zulke onderwerpen als Archimedes, Pascal en de mechanisering van het wereldbeeld. Maar ook in Nederland werd Dijksterhuis in de jaren vijftig zeer regelmatig gevraagd voor spreekbeurten en voordrachten en hoewel hij veel uitnodigingen moest afslaan, werd hij in die tijd toch een gevierd en veelbereisd

spreker. Men waardeerde hem in die jaren ook daarom zo als spreker omdat hij er een eer in stelde niet van papier voor te lezen, maar een vrije voordracht te suggereren. Ondertussen had hij wel degelijk de beschikking over een uitgetikte tekst, die hij desgewenst zo voor publikatie kon aanbieden. Maar hij leerde zijn voordrachten, de citaten in vreemde talen incluis, helemaal uit zijn hoofd en droeg ze vervolgens voor zonder af te wijken van de geschreven tekst. In het Dijksterhuis-archief worden nog de briefjes bewaard met de begin- en slotwoorden van elke alinea aan de hand waarvan Dijksterhuis zijn teksten instudeerde.

Maar los van deze persoonlijke verdiensten was het toch vooral het maatschappelijk tij dat de wetenschapsgeschiedenis mee had, niet in Nederland alleen, maar vooral ook in de Verenigde Staten. Voor de oorlog waren daar de pogingen van George Sarton om het vak wetenschapsgeschiedenis enig aanzien te geven betrekkelijk vruchteloos gebleven, maar door de gewijzigde omstandigheden tijdens en na de oorlog kreeg hij opeens de wind mee. Men zag algemeen in dat de wetenschap voor het voortbestaan van een democratische samenleving noodzakelijk was en dat de burgerij ook in vredestijd doordrongen moest worden van de geweldige betekenis van de natuurwetenschap. De wetenschapsgeschiedenis zou een belangrijke rol kunnen spelen bij de ‘wetenschappelijke opvoeding’ van de ontwikkelde burgers en dus kwamen er overal cursussen in de wetenschapsgeschiedenis van de grond.[7] In Amerika nam dit uiteraard veel grootsere vormen aan dan in Nederland, zoals Dijksterhuis zelf kon constateren toen hij in 1956 enige tijd in Madison, Wisc. doorbracht. Maar ook in Nederland heeft de wetenschapsgeschiedenis als academische discipline geprofiteerd van de groei van het besef van de betekenis (en de problemen) van de natuurwetenschap.

Erg lang heeft Dijksterhuis niet kunnen genieten van zijn erkenning. In de loop van de jaren vijftig kreeg hij last met zijn gezondheid en op 1 januari 1959 werd hij getroffen door een beroerte die hem rechtszijdig verlamde. Wel herstelde hij zover dat hij in 1960 zijn colleges in Utrecht kon hervatten (zijn beide aanstellingen in Utrecht en Leiden werden met ingang van dat jaar omgezet in een ordinariaat in Utrecht alleen), maar het redactiewerk voor *De Gids* moest hij in dat jaar opgeven en aan commissiewerk kon hij alleen nog maar deelnemen als die commissies bij hem thuis vergaderden. De Stevin-commissie van de Koninklijke Akademie, die de redactie vormde van de *Principal works of Simon Stevin*, is zo enkele keren bij Dijksterhuis in Bilthoven bijeengeweest. Maar in 1962 volgde een nieuwe beroerte en na een lang ziekbed overleed Dijksterhuis op 18 mei 1965.

De betekenis van Dijksterhuis ligt geheel en al in zijn werk, de persoon daarachter laat zich moeilijk vangen. Hij was gereserveerd en gesloten en vond het biografische element, dat in het werk van anderen soms zo makkelijk doorschijnt, niet belangrijk.

Dat werk van Dijksterhuis is om verschillende redenen belangrijk. In de eerste plaats heeft hij het vak een niveau gegeven dat het daarvoor niet had. Zowel door zijn nauwgezette bronvermeldingen als door de zuiverheid van zijn historische reconstructies schiep hij voor zijn Nederlandse collega's en navolgers een norm die nog altijd geldt. Bovendien formuleerde hij door het belangrijkste inhoudelijke thema van zijn werk, de stelling dat de kern van de ontwikkeling van de moderne natuurwetenschap ligt in de mathematisering ervan, voor zijn vakgenoten een arbeidsterrein dat nog lang niet uitputtend bewerkt is.

Doordat het niveau van de studie van de wetenschapsgeschiedenis omhoog ging, kreeg het vak

in de ogen van anderen een respectabiliteit die het aan het begin van de twintigste eeuw nog niet had. Nog in de jaren twintig klaagde de Utrechtse chemicus Ernst Cohen, zelf geen onverdienstelijk chemie-historicus, dat de waardering voor de wetenschapsgeschiedenis in vele jaren niet zo'n laag peil bereikt had.[8] Het is voor een belangrijk deel de verdienste van Dijksterhuis geweest dat na de oorlog het vak een regulier, zij het bescheiden, onderdeel van het academisch curriculum is geworden. Nadat in 1946 al de scheikundige R. Hooykaas aan de gereformeerde Vrije Universiteit met het onderwijs in de geschiedenis van de natuurwetenschappen was belast (later tijdelijk aangevuld met het onderwijs in de mineralogie), was de benoeming van Dijksterhuis aan de Utrechtse universiteit de definitieve erkenning van het vak in Nederland.

Minder succesvol is Dijksterhuis geweest in zijn pogingen om met behulp van de wetenschapsgeschiedenis de kloof tussen de natuurwetenschappelijke en de literaire cultuur te overbruggen. Het probleem, dat zijn meest pregnante formulering kreeg in C.P. Snows lezing *The two cultures and the scientific revolution* uit 1959, was al voor de oorlog door mensen als Sarton in Amerika en Dijksterhuis in Nederland onderkend. Maar men kan zich afvragen of zij met hun ijveren voor de wetenschapsgeschiedenis die kloof hebben weten te versmallen. Men moet zich niet laten misleiden door een enkele literator die zijn inspiratie put uit de natuurkunde of door een enkele componist die een natuurwetenschappelijke tekst als grondslag voor een muziekstuk kiest. Zulke incidentele grensoverschrijdingen kwamen ook voor in de periode dat de kloof tussen alfa en bèta voor het eerst gesignaleerd werd. Het probleem is eerder groter en gecompliceerder geworden. Gecompliceerder omdat sinds de verzelfstandiging van de sociale wetenschappen niet meer van twee culturen, maar op zijn minst van drie culturen gesproken moet worden. En groter, omdat specialisatie steeds meer is vastgelegd in instituties en geldstromen die moeilijk te omzeilen of te verleggen zijn. De betekenis van het werk van Dijksterhuis is er daardoor echter niet minder om geworden, zij het dan dat deze niet zozeer ligt in datgene wat hij bereikt heeft, als wel in het ideaal dat hij ons nog steeds voorhoudt.

Maar dat ideaal zou niet inspireren, als hij er niet zelf naar geleefd had. In zijn persoon verenigde hij zowel de kenner van de Griekse taal, van wie zijn collega-*Gids*-redacteur Van Groningen, hoogleraar Grieks in Leiden, moest erkennen dat hij hem niets meer hoefde te leren, als de wiskundige die de wiskunde in de eerste plaats zag als een grootse schepping van de menselijke geest. Bovendien was hij een begaafd pianist en een warm pleitbezorger van de symfonische muziek van Anton Bruckner. Maar hoe geleerd, begaafd en veelzijdig hij ook was, het zou niets zijn geweest als hij ook niet in zijn werk de harmonie tot stand had gebracht die hij op alle mogelijke terreinen bepleitte. Door de klassieke bouw van zijn zinnen en de vloeiende gang van zijn betoog vertoont zijn proza een evenwicht dat laat zien hoe innig natuurwetenschap en literatuur kunnen samengaan.

Eindnoten:

1 E.J. Dijksterhuis, *Doel en methode van de geschiedenis der exacte wetenschappen* (Amsterdam, 1953) 26; zie deze bundel p. 306.

2 Voor biografische gegevens verwijs ik kortheidshalve naar mijn binnen afzienbare tijd te verschijnen biografie van Dijksterhuis. De belangrijkste gegevens zijn ook te vinden in: *Biografisch Woordenboek van Nederland, 1, 159-161. Verder zijn van belangvooral: B.A. van Groningen, 'In memoriam E.J. Dijksterhuis', in: De Gids* 128 (1965) 11, 3-5 en R. Hooykaas, 'Herdenking

van Eduard Jan Dijksterhuis (28 oktober 1892- 18 mei 1965)', in: *Jaarboek der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 1965-1966 (Amsterdam, 1966) 387-396.

3 Zie bijvoorbeeld: E.J. Dijksterhuis, 'Over wiskundig onderwijs', in: *Weekblad voor gymnasiaal en middelbaar onderwijs* 17(1920-1921) 947-968; idem, 'De aanslag op de mechanica', in: *Euclides* 5 (1927-1928) 61-69.

4 De onderwijsloopbaan van Dijksterhuis is goed te volgen in de afleveringen van het *Weekblad voor gymnasiaal en middelbaar onderwijs*.

5 Over Jaeger en de wetenschapsgeschiedenis: C.L. Hogardi, 'Frans Maurits Jaeger: een chemicus als historicus', in: *Tijdschrift voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* 7 (1984) 183-195.

6 Over de geschiedenis van *De Gids* in de periode-Dijksterhuis: R. Aerts e.a., *De Gids sinds 1837. De geschiedenis van een algemeen cultureel en literair tijdschrift* (Den Haag, 1987) 133-181.

7 K. van Berkel, 'Wetenschapsgeschiedenis als brug tussen twee culturen', in: *Tijdschrift voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* 11 (1988) 126-136.

8 E.J. Cohen, *Uit het land van Benjamin Franklin* (Zutphen, 1928) 65.

II Artikelen van E.J. Dijksterhuis

Wiskunde als cultuurelement

Wiskunde, natuurwetenschap en techniek als cultuurelementen

De periode waarin Dijksterhuis als wetenschapshistoricus actief was (1920-1960) valt ongeveer samen met een periode in de Nederlandse cultuurgeschiedenis die gekenmerkt wordt door een sterk cultuurpessimisme. Vrij algemeen leefde de overtuiging dat de westerse beschaving een diepe crisis doormaakte die wellicht zelfs tot de ondergang van deze beschaving zou kunnen leiden. De cultuurhistoricus J. Huizinga, schrijver van boeken als *In de schaduwen van morgen* (1935) en *Geschonden wereld* (1945), is misschien wel de bekendste vertegenwoordiger van deze stroming geweest, een stroming die overigens niet typisch Nederlands was.

In de jaren vijftig, toen hij als wetenschapshistoricus overal erkenning had gekregen, begon ook Dijksterhuis zich met deze materie bezig te houden en zijn speciale invalshoek was natuurlijk die van de geschiedenis van de natuurwetenschappen. Het viel hem op dat bij alles wat er over de crisis van de cultuur werd gezegd soms zo weinig werd gesproken over de rol die de natuurwetenschappen in dit geheel speelden. Zo miste hij in het destijds opgang makende boek van H. Brugmans, *Crisis en roeping van het Westen* (1952), de namen van bekende natuuronderzoekers als Einstein, Rutherford, Lorentz, Bohr, Heisenberg en Schrödinger, fysici ‘die juist in zo hoge mate tot het ontstaan van de huidige cultuursituatie hebben bijgedragen’.[1] Als de rol van de natuurwetenschappen wel ter sprake kwam, dan gebeurde dat alleen in algemene termen: de natuurwetenschappen en de met haar geassocieerde techniek werden voor tal van bedreigingen en problemen verantwoordelijk gesteld, zonder dat de schrijvers blijk gaven van kennis van zaken omtrent de aard en de geschiedenis van de natuurwetenschappen. Een voorbeeld daarvan was het later nog uitvoeriger aan de orde komende misverstand dat bij sommige auteurs leefde omtrent het karakter van het mechanistische wereldbeeld van de natuurwetenschap.[2]

Dijksterhuis zelf behoorde niet tot de cultuurpessimisten. Hij ontkende de negatieve aspecten van de ontwikkeling van de moderne natuurwetenschap en techniek niet; ook hij voelde de dreiging die van de atoombom uitging, ook hij betreurde het dat de radio de stilte verscheurde, ook hij zag in de onttroning van de mens door de automatisering een reëel gevaar. Maar deze nadelen waren niet onvermijdelijk, ze waren ook niet inherent aan de natuurwetenschap. De oplossing van de problemen lag niet in minder natuurwetenschap en techniek, maar in de verdere ontwikkeling daarvan en tevens in een beter begrip van de betekenis en de culturele waarde van de door de cultuurpessimisten juist zo gesmade wetenschap en techniek.

Dijksterhuis speelde zijn rol als cultuurfilosoof vooral tijdens de talrijke lezingen die hij in de jaren vijftig overal in het land heeft gehouden over thema's als ‘De problemen van de natuurwetenschap’ en ‘Bezinning op wetenschap’. De meeste van deze lezingen zijn niet gepubliceerd; vaak dienden brokstukken van de ene lezing weer voor andere lezingen of was de ene lezing slechts een

parafrase van de andere. De lezing ‘Wiskunde, natuurwetenschap en techniek als cultuurelementen’ is ook op deze wijze ontstaan, zoals Dijksterhuis in de eerste noot al aangeeft. Van de algemene voordrachten uit de jaren vijftig geeft deze lezing het duidelijkst het brede scala van thema's aan waar Dijksterhuis zich in zijn leven mee bezig heeft gehouden: de culturele betekenis van natuurwetenschap en techniek, de methodologische aspecten van de natuurwetenschap en in het bijzonder de vermeende tegenstelling tussen natuur- en cultuurwetenschappen, de verwaarlozing van de wetenschapsgeschiedenis door de historici, de rol die de wetenschapsgeschiedenis kan spelen bij het overbruggen van de tegenstelling tussen de literaire en de natuurwetenschappelijke culturen, en het belang dat het middelbaar en hoger onderwijs hierbij toegekend moet worden.

Wiskunde, natuurwetenschap en techniek als cultuurelementen[1]

De woordcombinatie wiskunde-natuurwetenschap-techniek moge iedereen in onze tijd zo vertrouwd in de oren klinken dat hij welhaast in de verleiding zou kunnen komen de onderlinge verscheidenheid van haar drie leden uit het oog te verliezen, haar uitdrukkelijk met het begrip cultuur in verband te zien brengen doet toch wel paradox aan en kan zelfs heftige afweerreacties in het leven roepen. Cultuur, dat onverwoestbare woord, dat de depreciatie die het in de bezettingsjaren heeft moeten ondergaan, triomfantelijk te boven is gekomen, roept gedachten op aan een beschaafde, op tradities gegrondveste levenswijze, aan een door opvoeding en omgang met gelijkgestemden verworven rustige en verzoenende levenshouding, aan vertrouwdheid met letterkunde, muziek, beeldende kunst en filosofie. Het kan in andere zin ook worden toegepast op kringen van de menselijke samenleving waarin zich onder invloed van een welomschreven en met overtuiging beleden geloof een bepaalde levensstijl, een vaste houding ten aanzien van de gebeurlijkheden des levens, ontwikkeld heeft. Hoe kan men dit begrip nu echter in verband brengen met een wetenschap als wiskunde, die men door de adjectieven dor en droog pleegt te karakteriseren, met de natuurwetenschap, die ons een koel rationalistische houding heeft leren aannemen tegenover verschijnselen die eertijds de bron van religieus ontzag of van een gevoel van kosmische verbondenheid waren, met de techniek, die het menselijk leven in zovele opzichten heeft geüniformiseerd en gebanaliseerd en die in haar jongste ontwikkeling zelfs reeds een rechtstreekse bedreiging van de geordende menselijke samenleving dreigt te gaan vormen?

De tegenstelling lijkt inderdaad onverzoenlijk en de stelling die in de titel van dit opstel wordt uitgesproken, heeft toelichting en verdediging dan ook

1 Dit artikel is een omwerking van een voordracht gehouden voor de Sociëteit voor Culturele Samenwerking te 's-Gravenhage op 3 januari 1955. Het onderwerp waarvan behandeling was verzocht, noodzaakte op sommige punten tot herhaling van reeds vroeger uitgesproken en gepubliceerde denkbeelden. De lezer moge hiermee verontschuldigen dat hier van tijd tot tijd beschouwingen voorkomen die ook reeds te vinden zijn in de artikelen 'Grensverschuivingen in de Orbis Scientiarum', in: *Faraday* 21, 7 (1952) p. 3-21; 'Historische wording en actuele situatie van de universiteit', in: *Het Gemenebest*, juli-augustus 1954, p. 11-34, en 'De wetenschap in het leven van mens en maatschappij', in: *De Gids* 117 (1954) 11 100-121.

wel zeer van node. Deze te geven vereist voor alles een bepaling van de betekenis waarin het woord cultuur hier gebruikt wordt. Van alle polemiek tegen of kritiek op andere omschrijvingen afziende, gaan wij uit van de definities die door Thomas Mann en Ortega y Gasset gegeven zijn.*

Die van Mann, die tegelijkertijd een bepaling van het begrip civilisatie inhoudt, komt voor in een verhandeling, getiteld *Gedanken im Kriege*, die in 1915 te zamen met het essay *Friedrich und die grosse Koalition* verscheen; daar het bij latere herdrukken daarvan - in de bundels *Rede und Antwort* en *Altes und Neues* - niet opnieuw is opgenomen, is het slechts weinig bekend geworden. Op zijn best blijkt de inhoud indirect te zijn doorgedrongen door vermelding in de polemiek met Romain Rolland, die onder het opschrift *Gegen Recht und Wahrheit* in de *Betrachtingen eines Unpolitischen* voorkomt.

Cultuur en civilisatie worden als elkaars tegengestelden beschouwd, als een contrastenpaar dat als een verschijningsvorm van de eeuwige tegenstelling natuur en geest gezien wordt. 'Kultur,' zo vernemen wij, 'ist Geschlossenheit, Stil, Form, Haltung, Geschmack, ist eine gewisse geistige Organisation der Welt, und sei das alles auch noch so abenteuerlich, skurril, wild, blutig und furchtbar. Zivilisation aber ist Vernunft, Aufklärung, Sänftigung, Sittigung, Skeptisierung, Auflösung, - Geist.'[2*]

Cultuur, zo opgevat, is dus een kwalificatie die geen enkel esthetisch of ethisch waardeoordeel impliceert; men kan een cultuur esthetisch verfoeien, op morele gronden verafschuwen zonder dat zij daardoor het recht verliest cultuur te mogen heten. Het enige vereiste om het woord op een menselijke samenlevingsvorm te mogen toepassen, bestaat hierin dat deze iets uitgesproken eigens heeft, een specifiek karakter dat haar van andere samenlevingsvormen principieel onderscheidt.

Dit nu lijkt met wat men de westerse samenleving pleegt te noemen duidelijk het geval te zijn en zal, als niet alle tekenen bedriegen, in de toekomst steeds duidelijker het geval worden. En wel bestaat haar proprium, haar stijl, haar vorm, haar voorkeur, haar geestelijke organisatie uit haar streven naar natuurbeheersing, dat, tot dusver met groot succes bekroond, zich steeds hoger en verder liggende doeleinden zal gaan stellen. Sedert ruim drie eeuwen bezit de mens in West-Europa en de daarvan cultureel afhankelijke gebieden in de mathematisch-empirische natuurwetenschap het middel de natuur in een onvergelijkelijk veel hogere mate dan in enige andere periode waarover de

2 Merkwaardigerwijs heeft de toevoeging van de leden van het begrippenpaar natuur-geest aan die van cultuur-civilisatie ook wel eens juist omgekeerd plaats. Aan een Zandloperartikel in de NRC ontleen ik de mededeling dat de Franse essayist André Suarès cultuur tegenover civilisatie stelt als de vrije geest tegenover de aan noodzaak onderworpen natuur, als waarde tegenover nut en, met een van die voor Franse auteurs zo typerende chauvinismen, die hun steeds zoveel gemakkelijker vergeven worden dan men het analoge overdrijvingen aan Duitsers doet, als het spirituele Frankrijk tegenover het uitsluitend stoffelijk gedijende Duitsland.

geschiedenis te berichten heeft, in haar werking te onderzoeken en haar krachten in zijn dienst te dwingen. Het tempo waarin de ontwikkeling van dit vermogen zich voltrekt heeft zich in de negentiende eeuw reeds aanzienlijk versneld, maar die versnelling is in de twintigste nog zoveel sterker geworden dat men werkelijk het gevoel heeft kort voor de verwezenlijking van nog veel meer mogelijkheden te staan dan wij zich reeds voor onze ogen hebben zien afspelen. Reeds thans echter is het mathematisch-fysisch-technisch karakter der samenleving zo sterk geworden dat er in de zin van Thomas Mann van een cultuur gesproken kan worden.

Of hij zelf in 1915 deze toepassing van zijn begripsomschrijving mede op het oog heeft gehad? Het is niet waarschijnlijk. De term natuurwetenschap wekte destijds nog voor alles associaties aan ‘Vernunft’, ‘Aufklärung’, ook wel, in zijn invloed op de wereldbeschouwing, aan ‘Auflösung’ op, die alle kenmerken van ‘Zivilisation’ zijn. Maar er is sindsdien ontzaglijk veel veranderd. De atoomtheorie, die in 1915 nog in de kinderschoenen stond en waarin men uitsluitend een interessante uitbreiding van onze kennis van de structuur der materie zag, is sindsdien tot een wereldbeheersende macht geworden die de mens met ontzetting vervult. De begeerte steeds dieper in de geheimen van de stof door te dringen heeft een uitgesproken demonisch en dus helemaal niet meer geciviliseerd karakter aangenomen, dat zich daarin openbaart dat de nieuwe energiebron die zij toegankelijk heeft gemaakt tot dusver voornamelijk in dienst van de destructie gesteld is.

Het demonische, het zich gedreven voelen door machten die men zelf heeft opgeroepen, maar aan de invloed waarvan men zich niet meer kan onttrekken, ook al ziet men klaar het verderf in waarheen zij ons zullen voeren, is echter mede een kenmerk van cultuur in de zin van Thomas Mann, zoals ook het heroïsche, terwijl civilisatie essentieel antidemonisch en onheroïsch is. Onze getechniseerde samenleving vertoont echter beide kenmerken. Door techniek mogelijk gemaakt kan zij zich slechts door meer techniek in het leven houden en wie dit betreurt zal er niettemin aan medewerken. Nu de medische wetenschap erin geslaagd is de algemene hygiënische omstandigheden aanzienlijk te verbeteren en de levensduur aanmerkelijk te verlengen, slaat haar soms de schrik om het hart bij de overweging van de moeilijkheden waarin al deze vooruitgang de mensheid zal kunnen brengen, maar dat zal haar nooit beletten naar verbetering van de algemene gezondheidstoestand te blijven streven.

Zo heeft er op allerlei gebieden een geestelijke worsteling plaats, waaraan men het predikaat heroïsch zeer zeker niet onthouden kan, maar die er op demonische wijze toe gedreven wordt datgene na te streven waarvan zij de verwezenlijking niet gewenst heeft, ja in vele gevallen zelfs verafschuwt.

Wanneer wij dus de ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek van de achttiende eeuw tot op heden overzien en daaruit tot haar vermoedelijk verloop in de toekomst besluiten, moeten wij vaststellen dat zij bezig zijn van de civilisatie-elementen die zij eenmaal waren, tot cultuurelementen te wor-

den. Wanneer later in een in de zin van Toynbee geschreven geschiedenis der culturen ook de westerse in haar opkomst, bloei en ondergang zal worden geschetst, zal zij als de mathematisch-fysisch-technische worden aangeduid.

De geschetste opvatting van cultuur wordt ondersteund door de beschouwingen die de Spaanse filosoof Ortega y Gasset aan ditzelfde begrip heeft gewijd. Men vindt ze in zijn *Mission of the university*, een in 1930 in Spanje voor studenten gehouden voordracht die in 1944 in Engelse vertaling verschenen is. Ortega definieert hierin cultuur als het vitale systeem van de ideeën van een periode, waarbij dadelijk, in overeenstemming met wat wij van Thomas Mann over de mogelijkheid van een bloedige, wilde, afstotelijke, allerminst beschaafde cultuur hoorden, wordt opgemerkt dat er in deze definitie hoegenaamd niets van gezegd wordt of de bedoelde ideeën en overtuigingen al dan niet op intellectueel peil staan en dat er ook dus tussen cultuur en wetenschap geen enkel essentieel verband bestaat.

Wat wij nu echter bij Thomas Mann als door hemzelf wellicht niet gedeelde conclusie uit zijn definitie meenden te mogen afleiden, wordt door Ortega zelf uitdrukkelijk uitgesproken. Cultuur is ongetwijfeld niet identiek met wiskunde, natuurwetenschap en techniek, maar zij kan in een concreet geval wel geheel of ten dele door deze drie gebieden van menselijke activiteit bepaald worden en naar zijn overtuiging is dit met deze tegenwoordige samenleving het geval. Hij noemt de fysica (we mogen dit woord wel verstaan als wetenschap der anorganische natuur en er zowel haar essentiële hulpmiddel, wiskunde, als haar praktische toepassing, techniek, bij denken) een van de grote essentiële instrumenten van de moderne geest. Vier eeuwen van intellectuele arbeid hebben tot haar ontstaan samengewerkt; haar leerstellingen zijn ten nauwste verbonden met de begrippen die de gecultiveerde mens aangaande God, de maatschappij, de materie en dat wat niet materie is, heeft en met wat nog verder essentieel is voor een verlicht leven. Natuurlijk kan men het in sommige situaties zonder natuurwetenschap stellen, bijvoorbeeld als men schaapherder is in de heuvelen of als slaaf gebonden aan de bodem of aan een machine. Maar als iemand die dokter wil zijn of magistraat of generaal of filoloog of bisschop, kortom tot de leidende klasse der maatschappij wil behoren, niet op de hoogte is met het tegenwoordig wereldbeeld der fysica, is hij een volmaakte barbaar, al kent hij ook nog zo goed zijn wetten, zijn geneesmiddelen, zijn kerkvaders. Dezelfde opmerking geldt overigens voor biologie, geschiedenis en filosofie. Ortega verbindt hieraan de conclusie dat de universiteit haar studenten voor of naast de opleiding voor een bepaald beroep vertrouwdheid met deze vier grote cultuurgebieden moet schenken. Eerst dan kan hij een gecultiveerd mens heten die gedacht kan worden op de hoogte van zijn tijd te staan.

En zo is dan mijn titel gerechtvaardigd, de daarin uitgesproken stelling bewezen. Is het werkelijk zo? Een goedkoop succes, hoor ik mompelen. U zoekt onder de talloze definities die al van cultuur gegeven zijn er twee uit

waarmee de wijze waarop u het woord zelf gebruiken wilt overeenstemt en dan is het natuurlijk een kleinigheid de opgestelde bewering waar te maken.

Dit is een tegenwerping waar iets in zit. Iets, niet veel. Want het is toch zeker niet zonder betekenis dat zulke definities te vinden zijn en dat zij voorkomen bij auteurs die toch waarlijk wel iets van cultuur, wat dit woord dan ook betekenen moge, verstaan, terwijl bovendien een van hen de in de titel opgestelde bewering zelf uitdrukkelijk als conclusie uit zijn definitie trekt. Laten wij echter de kritiek het volle pond geven en de zaak opnieuw bekijken, nu echter niet van een vooropgestelde definitie uit maar door bij de dagelijkse ervaring te rade te gaan. Laten wij dus maatschappelijke kringen die volgens normaal spraakgebruik cultuurdragers zijn, kringen van letterkundigen, taalgeleerden, historici, classici, theologen, de vraag voorleggen welke houding zij tegenover de wiskunde, de natuurwetenschap en de techniek aannemen, of zij ze als geestelijk gelijkwaardig met de eigen werkzaamheid beschouwen, of zij een eventueel tekort aan vertrouwdheid met deze gedachtenwereld als een geestelijk gemis voelen. Wanneer men uitzonderingsgevallen buiten beschouwing laat en op globale indrukken afgaat, lijdt het helemaal geen twijfel hoe deze vraag beantwoord zal worden. De gedachte aan wiskunde wekt in de bedoelde kringen slechts afschuw; de techniek wordt gewaardeerd indien en voorzover zij het leven veraangenaamt en verlengt; de natuurwetenschap gerespecteerd omdat zij de techniek mogelijk maakt, maar evenmin als deze van een ander standpunt dan dat der utiliteit uit beoordeeld en gewaardeerd. De opvatting van een zekere equivalentie tussen het werk van mathematici, fysici en technici met dat van kunstenaars, letterkundigen en historici wordt zelfs niet in overweging genomen; de onbekendheid met die andere wereld wordt er eerder met een zekere trots, bijna als verdienste, erkend dan als tekortkoming beseft. In deze, in zaken van cultuur volgens algemene opvatting tot oordelen bevoegde kringen heeft mijn stelling niet de minste kans op aanvaarding.

Natuurlijk is dit voor de andere zijde een even goedkoop succes als het eerst behaalde voor mij was. Wij zijn begonnen met bepaalde kringen als cultuurdragers bij uitstek te beschouwen en hebben daardoor impliciet cultuur zo gedefinieerd dat wiskunde, natuurwetenschap en techniek er geen elementen van kunnen zijn.

Wat blijft uit deze discussie over? Niets meer, maar ook niets minder dan het toch zeker niet onbelangrijke feit dat er in onze tijd een ontstellend gemis aan overeenstemming bestaat over de geestelijke waarde van drie menselijke activiteiten die de samenleving in de hoogste mate beïnvloeden en daardoor hun stempel op onze tijd drukken. Dit meningsverschil, niet de discussie over het woord cultuur, moge verder het thema van mijn uiteenzettingen vormen.

Ik wil beginnen met op te merken dat er sedert enkele decennia, althans in Duitsland en hier te lande, een wijd verbreid streven valt op te merken om de tegenstelling tussen wiskunde, natuurwetenschap en techniek enerzijds en alle

andere wetenschappen anderzijds te accentueren en tot uitdrukking te brengen in een indeling van alle wetenschappen in twee, ten hoogste drie groepen, waarbij dan althans de wetenschap der anorganische natuur en de technische wetenschappen, soms wel soms niet met de wiskunde verenigd, in een groep terechtkomen die door scherpe grenslijnen van andere gescheiden wordt.

Men kan geesteswetenschappen tegenover natuurwetenschappen zien stellen, natuurwetenschappen tegenover cultuurwetenschappen of tegenover menswetenschappen. Daarnaast nemen sommigen nog een groep van formele wetenschappen aan, wiskunde en logica, die door anderen, mirabile dictu, tot de natuurwetenschappen gerekend worden, terwijl ook wel geprobeerd wordt de wetenschappen der levende natuur in een aparte groep onder te brengen. In ons land is tegenwoordig een indeling in α- en β-wetenschappen in zwang, die veelal stilzwijgend met de onderscheiding tussen geestes- en natuurwetenschappen geïdentificeerd wordt.

Al deze indelingen lijden aan de voor een classificatie destructieve euvelen dat ten eerste geen duidelijk indelingscriterium wordt aangegeven, dat ten tweede niet iedere wetenschap één en ook niet meer dan één plaats vindt en dat ten derde nooit een tableau wordt opgesteld waarin men zien kan waar een bepaald vak terecht is gekomen. Die in α- en β-wetenschappen vertoont nog het speciale zwak dat ze kennelijk geïnspireerd is door een grove en van allerlei toevallige factoren afhankelijke splitsing in schooltypen, terwijl men zulk een splitsing, zo men haar maken wil, juist op een aanwezige, wel doordachte indeling in de wetenschappen zou moeten baseren.

Het is merkwaardig om te zien met hoeveel gemoedsrust men zich algemeen van deze indelingsterminologie bedient, alsof zij een in de natuur der dingen liggende en zonder meer te aanvaarden gegevenheid was, terwijl elk kritisch onderzoek haar ontoereikendheid aantoont. Wanneer men, om een formulering van Erich Rothacker* te gebruiken, de geesteswetenschappen of cultuurwetenschappen - deze twee termen worden niet zelden voor elkaar in de plaats gesteld, hoewel de denker die de laatste heeft ingevoerd, Rickert,* de eerste uitdrukkelijk verwierp - daardoor kenmerkt dat zij zich bezig houden met de door de mens zelfgeschapen of voortgebrachte wereld, is het een voor de hand liggende conclusie de wiskunde de geesteswetenschap bij uitnemendheid te noemen, daar de menselijke geest nergens zo eigenmachtig en met zo weinig ontlening aan een buitenwereld te werk gaat. Ziet men natuur- van cultuurwetenschappen hierdoor onderscheiden worden, dat de eerste generaliserend handelen over de niet uit een oogpunt van waarde te beschouwen natuur en de tweede individualiserend over dingen die met het oog op de daaraan toegekende waarde worden nagestreefd en verzorgd, dan dringt zich dadelijk de conclusie op dat de technische wetenschappen, die immers niet anders doen dan met behulp van de algemene door de natuurwetenschap verstrekte inzichten speciale dingen voortbrengen waaraan in de menselijke samenleving waarde wordt gehecht of die althans op waarden betrokken zijn,

bij uitstek cultuurwetenschappen zijn. Tot dezelfde conclusie moet men komen wanneer men cultuur ziet definiëren als overwinning van natuur. Maar telkens blijkt de getrokken conclusie helemaal niet met de bedoeling van de indeling te stroken. Beroept men zich ten slotte, wat tegenwoordig zeer gebruikelijk is, ter karakterisering van een geesteswetenschap op het kenmerk van het in pregnante zin opgevatte begrijpen of verstaan (gewoonlijk niet zonder affectatie in het Duits uitgesproken), dan komt men voor het bezwaar te staan dat in de tegenstelling natuurwetenschap-geesteswetenschap de eerste door haar object, de tweede door haar methode gekarakteriseerd wordt. Bovendien moet dan de voorstander van de zo bepaalde indeling de bewijslast op zich nemen dat alle vakken die men in de wandeling geesteswetenschappen noemt, bijvoorbeeld de taalwetenschap, de geschiedenis, de economie, in overheersende mate de methode van het verstaan toepassen.

Waarom ik zo lang bij deze kwestie stilsta? Omdat in al de gemaakte onderscheidingen een gemis aan inzicht in en waardering voor de wis- en natuurkundige wetenschappen tot uiting komt en omdat de krampachtigheid waarmee men er, ondanks alle kritiek die er al op is uitgeoefend, aan vasthoudt, een symptoom van datzelfde gemis vormt. Want hierover make men zich geen illusies: de door Plato tot doctrine verheven, via het neo-platonisme in het christendom ingedrongen depreciatie van de materie ten opzichte van de geest heeft er lang toe geleid en leidt er nog steeds toe in een wetenschap die zich met het stoffelijke bezighoudt, een bezigheid van lagere geestelijke orde te zien en het aandeel dat de creatieve menselijke geest in het tot stand komen van het natuurwetenschappelijk wereldbeeld en van de technische toepassingen van natuurwetenschappelijk inzicht heeft, grotelijks te onderschatten. Daardoor is men zich blind blijven staren op methodische verschillen tussen de wetenschappen onderling (die overigens binnen de kring der natuurwetenschap evengoed voorkomen) met veronachtzaming van de onmiskenbare eenheid in geesteshouding bij beoefenaren van de meest uiteenlopende vakken.

Dezelfde fatale neiging liever verschilpunten te accentueren dan op overeenstemming te letten, is ook in ons onderwijsstelsel op te merken, namelijk in de hartstocht waarmee men daar de α-β tegenstelling cultiveert. Men acht het vanzelfsprekend dat ieder schooltype in een α- en een β-afdeling gesplitst is; men voert die splitsing zelfs uit bij schooltypen als de AMS die nog niet eens bestaan.* Daardoor doordringt men de jeugd al van het denkbeeld dat die splitsing in de natuur der dingen ligt; bovendien worden aan de indeling vaak zeer ongewenste prestigekwesties verbonden; men ziet wederzijds op elkaar neer en het gebeurt niet zelden dat de leraren door hun uitlatingen over andere studierichtingen dan de eigene deze gevoelens aanwakkeren. De op school verkregen indrukken blijven echter vaak het leven door voortwerken en helpen ertoe mede de houding van vijandige afgeslotenheid ten aanzien van bepaalde gebieden van het denken aan te kweken.

Een zo opvallend verschijnsel als de geschetste onjuiste instelling van brede

kringen van ontwikkelden tegenover een groep wetenschappen die èn om de geestelijke prestaties die er in geleverd worden èn omdat zij meer dan andere hun stempel op onze samenleving drukken, de algemene aandacht en belangstelling ten volle waard zijn, lokt tot een historische beschouwing uit.

Heeft het steeds bestaan en zo neen, van wanneer dateert het? De eerste vraag kan zeer beslist ontkennend beantwoord worden. Voor het begin der negentiende eeuw is er geen sprake van. In de zeventiende en achttiende eeuw treft men tal van geleerden aan die zich op de meest onbevangen wijze van het ene vak naar het andere verplaatsen en daarbij helemaal niet het gevoel hebben dat zij wezenlijke grenzen overschrijden. In de achttiende eeuw vindt men in alle beschaafde kringen een levendige belangstelling voor de natuurwetenschap in al haar vormen; natuurwetenschappelijke ontwikkeling wordt als een normaal bestanddeel van een intellectuele vorming beschouwd. De techniek geniet een even hoge waardering en eigen handarbeid bij geestelijk hoog ontwikkelden vormt geen uitzondering.

De ommekeer kondigt zich in het begin van de negentiende eeuw aan en wel het eerst en duidelijkst in de wijsbegeerte. In de achttiende eeuw was deze nog nauw met de wiskunde en de natuurwetenschap verweven. Bij Kant vormen euclidische meetkunde en mechanica van Newton essentiële bestanddelen van het filosofische stelsel.

De Duitse natuurfilosofie van het begin der negentiende eeuw handhaafde het nauwe verband in beginsel, maar toen op de paden die zij bewandelde voor de natuurwetenschap geen winst te behalen bleek, terwijl deze zelf op de wegen die zij, los van de filosofische leiband, op eigen initiatief insloeg, zeer snel vooruit bleek te kunnen komen, werd de samenhang verbroken. Men kan in het algemeen zeggen dat de wijsbegeerte in de negentiende eeuw zich van de resultaten der wis- en natuurkunde bitter weinig heeft aangetrokken, terwijl toch bijvoorbeeld een mathematische vondst als die der niet-euclidische meetkunden aan kantiaanse filosofen te denken had moeten geven. Verandering is eerst gekomen doordat de natuurwetenschap tegen het einde der eeuw haar eigen wijsgeren voortbracht, die hun uitgangspunten in de resultaten der natuurwetenschap zochten en vonden.

Een ongunstige invloed op de waardering der wis- en natuurkundige wetenschappen is in de negentiende eeuw ongetwijfeld ook van het humanistische gymnasium uitgegaan, waarbij humanistisch te verstaan is in de tegenwoordig bijna in onbruik rakende betekenis van geïnspireerd door de klassieke Oudheid. Dit was een hoogst wonderlijk verschijnsel. In de Griekse Oudheid hadden wiskunde en astronomie in hoge ere gestaan en was de natuurwetenschap ten nauwste bij de filosofie betrokken geweest. Men zou hebben mogen verwachten dat het gymnasium aan deze vakken grote aandacht zou hebben gewijd, dat zij er elementen van klassieke vorming in herkend en met vreugde begroet zou hebben. Het tegendeel was het geval. De tijd ligt nog niet zo heel ver achter ons dat de wiskunde op het gymnasium niet

veel meer dan geduld werd en de natuurwetenschap helemaal niet meetelde. Niemand schijnt gevoeld te hebben hoe totaal on-Grieks deze houding was.

Het eenzijdig humanisme dat in de negentiende eeuw zowel in het voorbereidend hoger onderwijs als in het hoger onderwijs heerste, heeft ongetwijfeld ook bijgedragen tot de geringe sociale waardering die in geleerdenkringen ten aanzien van de beoefenaren van de technische wetenschappen aan de dag werd gelegd. Het bleef in dezen wel getrouw aan zijn oorsprong; de Hellenen hebben er immers niet anders over geoordeeld. Zwakke pogingen die hier te lande in het begin van de negentiende eeuw zijn gedaan om aan de universiteiten technisch onderwijs te verbinden, hebben geen resultaat gehad. Toen later de Polytechnische School te Delft werd opgericht, was men in universitaire kringen geenszins bereid de daar gevormde ingenieurs op voet van gelijkheid te beschouwen; het heeft zelfs tot in het begin van deze eeuw moeten duren voordat de ingenieursopleiding tot het hoger onderwijs gerekend is.

Merkwaardig eenzijdig is ook in de negentiende eeuw, veelal zelfs nog in de twintigste, de opvatting der historici. Hoewel de ontwikkeling van wiskunde en natuurwetenschap zeker van het jaar 1500 af een zeer invloedrijke factor in de wereldgeschiedenis geweest is, namen zij er nauwelijks notitie van. De historiografie bleef zich overheersend bezighouden met dynastieke, politieke en militaire aangelegenheden, die nog tegenwoordig voor tallozen de eigenlijke geschiedenis uitmaken. Later nam zij ook het economische en het sociale binnen haar gezichtskring op; de beoefening van de geschiedenis van het wetenschappelijk denken bleef echter aan de beoefenaren der wetenschappen zelf overgelaten.

De funeste gevolgen van het isolement der wis- en natuurkunde ten aanzien van andere geesteswerkzaamheden komen zelden duidelijker tot uiting dan wanneer er gesproken wordt over historische figuren uit een tijd waarin men van de mogelijkheid van zulk een isolement niets vermoedde. Iemand heeft het bijvoorbeeld over de invloed die Descartes door zijn denken op de wereldgeschiedenis gehad heeft, een ontzaglijke invloed, die de een toejuicht, de ander betreurt. Men vult nu het betoog aan met erop te wijzen hoe belangrijke gevolgen het gehad heeft dat hij erin slaagde de analytische meetkunde der Grieken algebraïsch in te kleden, van hoe grote betekenis de wijzigingen zijn geweest die hij in de algebraïsche symboliek aanbracht, hoezeer het de kijk op zijn persoonlijkheid verheldert kennis te nemen van zijn beschouwingen over de bloedsomloop en van zijn pogingen hyperbolische lenzen te laten slijpen. Dit wekt bevreemding. Wij spraken, zo wordt u te verstaan gegeven, over de cartesiaanse metafysica, over zijn twee substanties, over zijn godsbewijzen, over zijn fundering der moraal. Hoezeer wordt deze sfeer gebroken door nu ineens over de verwerping van de homogeniteitseis voor algebraïsche vergelijkingen te gaan spreken, over de hartslag, over kleppen in de zenuwen en over lenzenslijpen!

Het is nog niet lang geleden dat deze reactie algemeen gebruikelijk was; ik

zou niet durven beweren dat zij nooit meer voorkomt. En dat terwijl Descartes zelf de woorden sprak: 'Toute la Philosophie est comme un arbre, dont les racines sont la Metaphysique, le tronc est la Physique et les branches qui sortent de ce tronc sont toutes les autres sciences, qui se reduisent à trois principales à sçavoir la Medecine, la Mechanique et la Morale.'[3*]

Het wordt echter tijd de zaak ook eens weer van de andere kant te gaan bekijken en op te merken dat het isolement waarover wij hier spreken niet alleen voortvloeit uit onverdiende miskenning. De natuurwetenschap der negentiende eeuw heeft er zeer zeker ook het hare toe bijgedragen en zowel de wiskunde als de techniek doen het, ieder op hun wijze, nog tegenwoordig. De negentiende-eeuwse fysica heeft niet zelden in een soort overwinningsroes natuurwetenschappelijke theorieën die succes opleverden tot dogmata van wereldbeschouwelijke aard verabsoluteerd en daardoor het algemeen menselijke denken ten kwade beïnvloed. De materialistische metafysica die zij voortbracht heeft een destijds zeker niet ongerechtvaardigd wantrouwen tegen haar invloed in het leven geroepen. In dezelfde zin werkten haar grensoverschrijdingen in de richting der historische en sociale wetenschappen. Een factor van gans andere aard was de steeds nauwere relatie waarin zij tot de wiskunde kwam te staan. Haar uiteenzettingen kwamen daardoor te delen in de sterk symbolische uitdrukkingswijze waarvan deze zich reeds lang bediende en dat werkte afschrikwekkend op niet ingewijden.

Van de drie genoemde factoren zijn de eerste twee in onze tijd wel uitgewerkt. De hedendaagse fysicus is het tegendeel van dogmatisch, hij is doordrongen van het zeer voorlopig karakter van al zijn theorieën, die hij dan ook in het licht van nieuwe feiten opoffert met een gemoedsrust waarvan buitenstaanders niets begrijpen. Hij denkt er niet aan zijn denkbeelden van het ogenblik voor absolute waarheden uit te geven. Van overijlde pogingen natuurwetenschappelijke gedachtengangen zonder meer toe te passen op gebieden die daarvoor uit hun aard niet vatbaar zijn, blijkt ook niets meer. Voorzover dit geschiedt, zoals in de taalwetenschap, de psychologie, de economie, gaat het initiatief van de beoefenaars van die vakken zelf uit.

Daarentegen is de andere factor in onze tijd sterker dan ooit aanwezig. Het mathematisch tekenschrift beheerst naast de wiskunde niet alleen de natuurwetenschap, maar is voor bepaalde gebieden der wijsbegeerte reeds onmisbaar geworden. Het is goed er dadelijk de nadruk op te leggen dat de ontwikkeling die hiertoe geleid heeft, volstrekt onvermijdelijk was. Naarmate de wis- en natuurkundige wetenschappen vorderden, werd het hoe langer hoe duidelijker dat de gewone omgangstaal, die voor heel andere doeleinden bestemd is, lang niet toereikend was de subtiele en gecompliceerde gedachtengangen waarin zij zich bewogen weer te geven. Het is echter van belang op te merken dat hier een belangrijke oorzaak van de vervreemding die ons bezighoudt ligt.

3 Descartes, *Les Principes de la philosophie.* Oeuvres, IX b 14.

Wiskundig tekenschrift werkt nu eenmaal verbijsterend op ieder die er niet in is ingewijd.

Men onderschatte echter de uitwerking die dit heeft, niet. Het is nog slechts enkele decennia geleden dat men de formele logica kon leren zonder noemenswaarde bedrevenheid in het hanteren van mathematisch tekenschrift. Er school enige lettersymboliek in de traditionele namen voor de figuren van het syllogisme, *Barbara, Celarent, Darii* enzovoorts, en de begripskringen van Euler waren aan de meetkunde ontleend, maar dat heeft nooit iemand enige reële moeite berokkend. Tegenwoordig echter vereist de logistiek al een speciale studie en langdurige technische oefening en wie deze er niet aan besteden kan of wil, zal in de toekomst vreemd moeten blijven staan tegenover wat men toch als een der allerfundamenteelste wetenschappen moet beschouwen.

Dezelfde afschrikwekkende werking als van het tekenschrift der wiskundigen uitgaat wordt teweeggebracht door het vakjargon der technici.

Het gebruik en bestaan van afzonderlijke vaktalen en vakschriften is ongetwijfeld in hoge mate mede schuldig aan het intellectuele isolement waarin wiskunde, natuurwetenschap en techniek langzamerhand uit het algemene geestelijk leven worden uitgeschakeld.

Belangrijker dan het stellen van schuldvragen is het echter de middelen te overwegen waardoor de ongewenste toestanden zouden kunnen worden opgeheven. Men meent zulk een middel vaak te kunnen vinden in de zogenaamde popularisering van wetenschap. Men geeft boeken uit en organiseert lezingen, waarin een deskundige aan een lekenpubliek op bevattelijke wijze duidelijk zal maken wat de theorieën der moderne natuurkunde nu eigenlijk inhouden of op welke wijze een opzienbarende wetenschappelijke of technische vondst gedaan is. In de regel loopt dit juist voor ernstige hoorders of lezers van een andere richting, die in beginsel wel graag met de mathematischfysisch-technische denkwereld in aanraking zouden willen komen, op bittere teleurstelling uit omdat zij volkomen terecht het gevoel hebben dat het meest wezenlijke, dat zich nu eenmaal met vermijding van alle wiskundige symboliek en van alle vakterminolgie niet laat uitdrukken, hun onthouden wordt. Daar komt nog bij dat het voor vele geleerden uitermate moeilijk blijkt te zijn geworden op een voor leken verstaanbare wijze over hun vak te spreken. Zij beginnen gewoonlijk met er op roerende wijze hun best voor te doen, vervallen daarbij echter vaak in de fout dat zij de hoorder of lezer geestelijk onderschatten, waardoor zij hem mateloos irriteren. Wanneer echter het wezenlijke deel van het betoog aan de orde moet komen, voelen zij zich onmachtig en lopen in enkele ogenblikken luchtigjes heen over moeilijkheden die vele malen groter zijn dan die waaraan zij eerst zoveel tijd hebben besteed. Het bereikte effect is menigmaal juist tegenovergesteld aan het beoogde. Pogingen de afstand die op de hier beschouwde gebieden vakman en leek scheidt rechtstreeks te overbruggen, schijnen tot mislukking gedoemd te zijn. Zij leiden op zijn best tot een illusie van inzicht en naarmate de onderstelde

leek op ander terrein zelf hoger wetenschappelijk ontwikkeld is, zal hij zich des te minder bevredigd gevoelen. Hij heeft geen geestelijk contact met de hem vreemde denkwereld gekregen en is daardoor ook niet tot de overtuiging gekomen dat het hier om essentiële waarden in de geestesgeschiedenis van de mens gaat.

Hier raken wij nu het kardinale punt van ons probleem. Het is immers voor alles om die overtuiging te doen, niet om wat meer of minder kennis van concrete wetenschappelijke resultaten. De onjuiste instelling die men ten aanzien van de exacte en technische wetenschappen zo vaak kan opmerken, bestaat niet in een tekort aan appreciatie van het nut dat die wetenschappen voor de menselijke samenleving afwerpen, ook niet in het ontbreken van een zekere oppervlakkige belangstelling, maar in een gemis aan inzicht in de geestelijke waarden die zij vertegenwoordigen. Men let te veel op wat wiskunde, natuurwetenschap en techniek voortbrengen en te weinig op wat zij zijn, op de geest waarin zij beoefend worden, op de mens die die beoefening verricht.

Ik wil trachten mijn bedoeling door een voorbeeld te verduidelijken. U staat als leek in de astronomie op een avond buiten en bekijkt de sterrenhemel. U bent in gezelschap van een astronoom, die u iets meedeelt van wat zijn vak over die hemel te vertellen heeft, veel over afstanden, afmetingen, temperaturen, chemische samenstelling van lichamen die u nog als lichtende punten kunt waarnemen en nog veel meer over objecten die voor het blote oog onzichtbaar zijn. Wat voelt u? Voor alles de vage emotie die men door het woord interessant pleegt aan te duiden: u geeft hiervan blijk door de gebruikelijke uitroepen van verbazing te slaken die het aanhoren van grote getallen uitlokt en u verzekert uw leidsman dat u het alles hoogst merkwaardig en leerzaam vindt. Als het daarbij blijft - en niet zelden blijft het daarbij - had u de astronoom even goed met rust kunnen laten en zelf binnen kunnen blijven. De zogenaamde wetenswaardigheden die u vernomen hebt, bent u morgen reeds weer vergeten en als u tracht ze u weer te binnen te brengen, zult u bemerken dat ze u eigenlijk volstrekt onverschillig laten. Al de feiten die u verklaarde zo interessant te vinden, blijken niet van voldoende waarde voor u te zijn dat u ze nog weet. U hebt ze ook nooit geweten; u hebt ze slechts vernomen.

Er is echter ook een andere manier om naar de sterren te kijken. U begint met u in gedachten te ontdoen van alles wat u erover weet of meent te weten, van alles wat u van jongs af hebt gehoord en nagepraat, geloofd en geleerd. U vraagt u af wat u eigenlijk ziet: een groot gewelf met lichtende punten die zich, als u lang genoeg blijft kijken, langzaam blijken te verplaatsen. U hebt het gevoel zelf in het middelpunt te staan. Weer staat de astronoom naast u en vertelt u dit keer niet meer dan dit ene dat u niet, zoals het toch lijkt, stilstaat in het centrum van een groot gewelf, maar dat u zich bevindt op een nagenoeg bolvormig lichaam, dat zich door een onbegrensde ruimte beweegt, waarin nog tal van andere lichamen aanwezig zijn. Hij brengt u echter ook de wijze in

herinnering waarop men tot dit inzicht gekomen is. U laat zich doordringen van het contrast tussen deze kennis en wat de zintuigen toch zo onweerlegbaar schijnen te leren. Wat voelt u nu? Niet het vage gevoel van iets interessants, want u wist - wat men zo weten pleegt te noemen - het allemaal al lang, maar integendeel een zeer bepaalde huivering van ontzag. Dit is nu niet een religieus gevoel of een emotie van kosmische orde; immers het is niet in te zien waarom een heelal met een onbeweeglijke centrale aarde minder van scheppingsmacht of kosmische orde zou getuigen dan een onbegrensde ruimte met een ogenschijnlijk chaotische verdeling van lichamen. Maar het is ontzag voor de menselijke geest die door de hem eigen vermogens tot het inzicht is gekomen dat wat hij meent te zien de ware toedracht niet is en die, een onverwoestbare drang naar weten volgend, in iedere generatie voortbouwend op wat hij in de vorige generatie reeds gevonden had, steeds verder komt op de weg waarvan hij zich geen einde denken kan, maar die hij door een zijde van zijn wezen die hij waarlijk niet als de minst waardevolle voelt, gedrongen wordt te bewandelen.

Wat ik hier voor het geval van de astronomie gezegd heb, geldt voor iedere tak der natuurwetenschap: de geestelijke waarde ligt niet in het bereikte resultaat als zodanig, maar in het feit dat en de wijze waarop het verkregen is. Echter is de situatie nergens zo zuiver als in de astronomie, omdat deze slechts weinig toepassingen bezit die voor de praktijk der samenleving van belang zijn en de menselijke drang naar inzicht in de natuur zich hier dus uiten kan zonder dat zij met het streven naar technische natuurbeheersing vermengd is. In het geval van fysica en chemie eisen de toepassingen juist een groot deel van de aandacht op; wanneer men deze naar hun sociaal-ethische waarde beoordeelt, krijgt het denken er als het ware een dimensie bij, maar men kan en moet deze toch altijd gescheiden houden van de eerstbeschouwde, die zich in het verleden der wetenschap uitstrekt. Beperkt men zich tot de laatste, en vergelijkt men ook nu weer de eerste fasen van natuurbeschouwing en natuuronderzoek waarvan wij iets weten met de tegenwoordige, dan treedt weer dezelfde reactie op als waartoe de astronomie aanleiding gaf, die van bewonderend ontzag voor wat de menselijke geest tot stand heeft gebracht. Ca. 400 v. Chr. waagde Democritus de onderstelling dat de werkelijkheid achter de waargenomen natuurverschijnselen zou bestaan in grootte, ligging, aantal, vorm en bewegingstoestand van onwaarneembaar kleine deeltjes in een lege ruimte. Door deze gedachte uit te werken, te variëren, aan nieuwe gegevens aan te passen, weer op de proef te stellen en telkens opnieuw te herzien, is de mens gekomen tot die heerschappij over de materie waarvan fysica en chemie ons zoveel bewijzen geven dat het geen zin zou hebben er enkele speciaal van te noemen. Die heerschappij is van het grootste belang voor de menselijke samenleving. Maar de historische beschouwing van haar ontstaan levert een essentiële bijdrage tot wat men de biografie van de mens zou kunnen noemen; zij doet ons de wezenlijke trek van zijn karakter kennen, die gevormd wordt door zijn

begeerte de gegevenheden der stoffelijke natuur niet zonder meer te aanvaarden, maar ze te leren verstaan en beheersen, en door de vermogens van vernuft, intelligentie en volharding die hem in staat stellen die begeerte te bevredigen.

Voor de verwerving van die kennis van de mens is de geschiedenis der techniek even belangrijk als die van wiskunde en natuurwetenschap en wie haar veronachtzaamt, bereikt ook geen volledige blik op het menszijn. Het is tegenwoordig in geschriften die de grote gevaren van een vergaande technisering der samenleving in het licht stellen, min of meer gewoonte het zo voor te stellen dat de technische mens tegenwoordig ongeveer alles kan wat hij graag zou willen doen. Onze ingenieurs, leest men dan, staan voor niets meer. In werkelijkheid staan zij natuurlijk nog voor heel veel. Hoe weinig weten de auteurs die zo schrijven en die misschien nog nooit een laboratorium van binnen hebben gezien, van de langdurige en moeizame strijd met de weerbarstige materie die telkens opnieuw gevoerd moet worden om een op natuurwetenschappelijke gronden geconcipieerde gedachte ook technisch en economisch te realiseren. Hoe weinig blijken zij in het bijzonder het eigen ethos van de technische arbeid te verstaan, dat niet gedetermineerd wordt door het motief van de materiële winst die de nagestreefde vondst zal kunnen brengen, maar uitsluitend door dezelfde begeerte de natuur te overwinnen als die de drijfkracht achter de natuurwetenschap vormt en die in wezen verwant is met de behoefte de aarde tot op haar grootste hoogten en grootste diepten te onderzoeken. Het doet er voor een technicus dan ook niet zo heel veel toe of hij in andere menselijke hoedanigheden het resultaat dat hij tracht te bereiken als een zegen of als een vloek voor de mensheid beschouwt. Als technicus kent hij alleen de strijd met de materie en in die strijd vertegenwoordigt hij een wezenlijk aspect van de menselijke natuur.

Het is gewenst dat wij ons eens rekenschap geven van het verband van deze beschouwingen met het doel van de voordracht. Wiskunde, natuurwetenschap en techniek zijn cultuurelementen, luidde de stelling die in de titel werd uitgesproken. Wij hebben gezien dat deze these onaantastbaar was als men van een bepaalde opvatting van cultuur uitging en onaanvaardbaar als men een andere koos. Ik heb toen het woord cultuur laten vallen en ben gaan spreken over de vervreemding ten aanzien van de mathematisch-fysisch-technische wetenschappen die bij zovele ontwikkelde en beschaafde tijdgenoten valt op te merken. Ik heb het verontrustende dat daarin steekt trachten aan te wijzen. Dit bleek hierin te bestaan dat wie aan deze zijde van het menselijk denken geen aandacht wijdt, een zeer essentiële zijde van het menszijn, die in onze tijd het karakter der samenleving in hoge mate mede bepaalt, veronachtzaamt. Ik kan mijn titel nu dus ook wel anders formuleren: wiskunde, natuurwetenschap en techniek zijn essentiële uitingen van het menszijn. Aan hen die graag om woorden strijden kan dan worden overgelaten of zij er cultuurelementen in willen zien of niet.

Laten wij er echter voor oppassen al te spoedig tevreden te zijn. De filosofische, in woorden ingeklede speculatie loopt altijd het gevaar ongemerkt te verdolen. In de wiskunde en de natuurwetenschap stuit men in zulk een geval op een duidelijke en onontkoombare contradictie; in de techniek op de ervaring dat iets niet gelukt. Al pratende kan men echter heel wat tegenstrijdigheden omzeilen en zich blijven verbeelden dat alles goed gaat. Laten wij dus de kritiek weer het woord geven. Zij kan van twee kanten komen, van de religieuze en van de sociaal-ethische.

De eerste stoot zich aan het accent van verheerlijking van de menselijke rede, het menselijk vernuft, de menselijke wil, dat hij in het betoog voelt. Hij vraagt zich af of het geen duivelse hoogmoed is die de westerse mens ertoe verleid heeft door te dringen in de geheimen der natuur en zich meester te maken van haar krachten en of er geen tekenen zijn dat die hoogmoed spoedig tot een vreselijke catastrofe zal voeren, tot een *gladius Dei super terram, cito et velociter*.[4*] Het is een oud geluid dat wij hier vernemen. Het spreekt uit de Prometheus-mythe waarin de aarts-technicus vreselijk door de goden wordt gestraft omdat hij het vuur aan de hemel heeft ontstolen en aan de mensen gebracht heeft. Het vindt uitdrukking in het horatiaanse *audax omnia perpeti gens humana ruit per vetitum nefas*[5*] in de waarschuwing van Augustinus tegen de *concupiscentia oculorum*[6*] waarvan de natuurwetenschappelijke drang naar weten ook een uitvloeisel is. Het is een opvatting die in de geschiedenis der natuurwetenschappen een zeer aanzienlijke invloed heeft uitgeoefend, die voor talrijke conflicten tussen geloof en wetenschap verantwoordelijk is geweest. Het is echter meer een antiek-heidense dan een essentieel-christelijke opvatting.

Het moge waar zijn dat de techniek een uitvloeisel van de zondeval is, het feit blijft dat de Schepper aan de mens de opdracht heeft verleend: ‘Weest vruchtbaar en vermenigvuldigt u en vervult de aarde en onderwerpt haar’ (Gen. 1:28). En daar dit onderwerpen niet langs magische weg bleek te kunnen plaatshebben, moesten menselijk vernuft en menselijke werkkracht het doen. Voor joden en christenen is de techniek hiermee principieel gerechtvaardigd.

Het is voorts een goed christelijke gedachte dat de natuur een openbaring Gods is en natuurstudie dus christenplicht. Het is ongetwijfeld waar dat dit door christenen niet steeds beseft is en dat niet alleen in de eerste eeuwen van onze jaartelling, toen er nog sterk neo-platoonse invloeden werkzaam waren, maar ook in latere eeuwen vaak in gelovige kringen een vijandige houding tegenover natuuronderzoek is aangenomen. Die houding heeft echter juist van christelijke zijde steeds weer bestrijding ondervonden en in onze tijd kan men vaststellen dat zij in beginsel overwonnen is. De christelijke levens-

4 Thomas Mann, *Gladius Dei* in *Tristan*.
5 *Oden* I 3.
6 *Confessiones* X 35.

opvatting van onze tijd laat ruimte voor een onomwonden positieve aanvaarding van de natuurwetenschap, voor een volkomen openheid ten aanzien van haar resultaten.

Dat voorts de bewondering voor wat de menselijke geest tot stand kan brengen onverenigbaar zou zijn met creatuurlijk besef, kan niet beter worden weerlegd dan door een beroep op denkbeelden van Kepler. Daar de wereld Gods *Abbild* is en de mens zijn *Ebenbild*, weerspiegelen zich in de menselijke geest de gedachten die God bij de schepping hebben geleid. De menselijke geest is erop aangelegd de kwantitatieve relaties op te sporen die door de Schepper in zijn schepping gelegd zijn en de beoefening der mathematische fysica is dan ook een vorm van godsdienst. De hoge waardering van het goed dat de menselijke geest in wiskunde, natuurkunde en techniek bezit, blijkt zich dus zeer wel met een christelijke wereldbeschouwing te laten verenigen.

De kritiek van sociaal-ethische zijde staat in een heel andere toonaard. Met verontrusting roept zij iemand die de lof van de techniek en van de wetenschappen die haar mogelijk maken zingt, tot de orde. Bent u dan, zo vraagt zij, ziende blind? Ziet u dan niet de fatale gevolgen die de techniek reeds aan de mensheid gebracht heeft en vreest u niet de nog veel fatalere waarmee zij ons bedreigt? Heeft zij niet de massamens voortgebracht, die gedachteloos omgaat met het speelgoed dat zij tot zijn beschikking heeft gesteld en die als een verwend kind onverzadiglijk is geworden in zijn begeerten? Heeft zij niet het leven gebanaliseerd, het vermaak ten troon geheven, de mens van de levende natuur vervreemd, zijn gevoelsleven doen verschralen? En stelt zij, nu Prometheus opnieuw vuur van de goden gestolen heeft, de mens niet in staat tot wandaden die de ganse cultuur waarvan zij een element heet, zullen kunnen vernietigen? Kan iets tegelijk cultuurelement en cultuurbedreiging zijn?

Niets zou gemakkelijker zijn dan dit requisitoir zich onbeperkt te laten verlengen, niets gemakkelijker ook dan er een even lange verdedigingsrede tegenover te stellen, waarin de eindeloze rij van weldaden die natuurwetenschap en techniek aan de mensheid geschonken hebben en waarvan de critici dankbaar mee profiteren, zou worden getekend.

Maar geen van beide leveren zij een bijdrage tot het onderzoek dat ons bezighoudt en dat in de eerste plaats betrekking heeft op de intrinsieke, geestelijke en eerst secundair op de praktische waarde van deze wetenschappen. Men moet de categorieën niet verwarren.

Natuurlijk - het moest overbodig zijn het te zeggen, maar men kan zich nooit genoeg tegen misverstand wapenen - beduidt deze beschouwingswijze niet in het minst een onderschatting van de enorme problemen waarvoor de natuurwetenschap en de techniek ons in hun moderne ontwikkeling stellen en waarvoor zij onze voorgangers in de negentiende eeuw al hadden moeten stellen, als dezen niet zo eenzijdig aan de behaalde voordelen aandacht hadden geschonken, niet zo uitsluitend op nut en macht bedacht waren geweest. Maar het was niet mijn taak hierover te spreken. De verleende opdracht had een

meer bemoedigende strekking en daarom heb ik haar gaarne aanvaard. Het is onze tijd reeds lang niet overbodig meer dat er ook weer eens iets goeds van de natuurwetenschap en de techniek gezegd wordt. Het is langzamerhand al zover gekomen dat, als deze woorden genoemd worden, de gezichten betrekken en de gesprekstoon gedempt wordt. Vreugde en voldoening worden als symptomen van een onbegrijpelijke oppervlakkigheid beschouwd, zondebesef als enige waardige houding aanvaard.

In deze omstandigheden is er aanleiding aan een woord van Pascal te herinneren. Sprekend over de mens en zijn vermogens zegt hij:

> S'il se vante, je l'abaisse; s'il s'abaisse, je le vante; et je le contredis toujours jusqu'a ce qu'il comprenne qu'il est un monstre incomprehensible.[7*]

Ten aanzien van wiskunde, natuurwetenschap en techniek verkeren wij tegenwoordig in een periode van abaissement; ik heb gemeend in Pascals geest te handelen door er een woord van bewondering tegenover te stellen.

En is het niet merkwaardig en zinrijk dat ik mij in deze beschouwing die, zoals bleek, kritiek zou kunnen uitlokken wegens het element van hominisme, van mensverheerlijking, dat men erin kan vinden, juist op Pascal kan beroepen, die toch zeker niemand van overschatting van de waarde van het menselijke zal willen beschuldigen? En het blijft waarlijk niet bij de ene plaats die ik zo juist aanhaalde. Ik wil herinneren aan de twee fragmenten die over het denkend riet handelen:

> L'homme n'est qu'un roseau, le plus faible de la nature; mais c'est un roseau pensant. Il ne faut pas que l'univers entier s'arme pour l'écraser: une vapeur, une goutte d'eau suffit pour le tuer. Mais, quand l'univers l'écraserait, l'homme serait encore plus noble que ce qui le tue, parce qu'il sait qu'il meurt et l'avantage que l'univers a sur lui; l'univers n'en sait rien.
> Toute notre dignité consiste donc en la pensée. C'est de là qu'il faut nous relever et non de l'espace et de la durée, que nous ne saurions remplir. Travaillons donc à bien penser: voilà le principe de la morale.[*]

En even later:

> Par l'espace l'univers me comprend et m'engloutit comme un point; par la pensée, je le comprends.[8*]

Ik zou het doel dat ik in deze voordracht heb nagestreefd wellicht beter

7 *Pensées* ed. Brunschvicg Fr. 420.
8 ibidem Fr. 347, 348.

hebben kunnen bereiken door te zwijgen en alleen tot meditatie over de gedachten van Pascal op te wekken.

Er blijft ten slotte de praktische vraag of het bovenstaande ook aanleiding geeft tot concrete conclusies en wenselijkheden. Ik noem er drie:

1 Men vermijde in het voorbereidend hoger onderwijs zoveel mogelijk de differentiatie in verschillende studierichtingen. Naarmate de wetenschappen zich meer specialiseren en er op elk afzonderlijk gebied in het hoger onderwijs hogere eisen gesteld worden, wordt het hoe langer hoe minder noodzakelijk in het voorbereidend hoger onderwijs reeds op die specialisering vooruit te lopen. Men streve liever een algemene culturele vorming na. Voorzover echter differentiatie onvermijdelijk wordt geacht, bestrijde men de slechte invloed die ervan uit pleegt te gaan, door zoveel mogelijk contact te onderhouden met en waardering aan te kweken voor de niet meer beoefende of centraal gestelde vakken.

2 Men legge in het hoger onderwijs niet zoveel nadruk op methodische verschillen tussen de wetenschappen onderling dat het besef van de wezenlijke eenheid in de geesteshouding van alle wetenschappelijke werkers eronder lijdt; en men make er vooral geen prestigekwesties van.

3 Men vergete onder de indruk van het genot dat de techniek schenken kan en evenmin onder die van de angst die zij kan aanjagen, nooit de zuiver geestelijke waarde van de prestaties op wiskundig, natuurwetenschappelijk en technisch gebied die haar vooruitgang mogelijk maken.

Eindnoten:

1 E.J. Dijksterhuis, recensie van H. Brugmans, Crisis en roeping van het Westen. Twee en een halve eeuw Europese cultuurgeschiedenis (1952) in: *De Gids* 115 (1952) 11, 485-487. Dijksterhuis noemt het boek bewonderenswaardig, maar ook wonderlijk eenzijdig: 'Het wil het ontstaan van de huidige cultuurcrisis cultuurhistorisch beschrijven, maar veronachtzaamt bewust een van de allerbelangrijkste factoren die haar in het leven hebben geroepen, de opkomst en bloei der natuurwetenschappen' (468).

2 Zie hierna 'De mechanisering van het wereldbeeld', in het bijzonder p. 183-187.

* Mann: Thomas Mann behoorde tot de favoriete schrijvers van Dijksterhuis, met wie hij ook een zekere verwantschap voelde. Zie zijn prachtige opstel 'Goethe en Thomas Mann', in: *De Gids* 112 (1949) 111, 145-157.

* 'Kultur': 'Cultuur is geslotenheid, stijl, vorm, houding, smaak, is een zekere geestelijke organisatie van de wereld, ook al is dat alles nog zo avontuurlijk, potsierlijk, wild, bloedig en verschrikkelijk. Civilisatie is echter verstand, verlichting, kalmering, stemmigheid, scepsis, onthechting - geest.'

* Rothacker: Erich Rothacker (1888-1965), Duits filosoof, schreef *Logik und Systematik der Geisteswissenschaften* (München, 1927) en *Einleitung in die Geisteswissenschaften* (Tübingen, 1920).

* Rickert: Heinrich Rickert (1863-1936), neo-kantiaans filosoof, hoogleraar in Freiburg en Heidelberg, schreef *Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft* (Tübingen, 1899) en *Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung. Einleitung in die historischen Wissenschaften* (Tübingen-Leipzig, 1902).

* AMS: De AMS (Algemene Middelbare School) vormde een onderdeel van de hervormingen die de laatste minister van Onderwijs van voor de oorlog, G. Bolkestein, in 1940 voorstelde. Zijn ideeën zijn na de oorlog overgenomen door minister F.J. Th. Rutten, die in 1951 de AMS opvoerde als onderdeel van het voortgezet onderwijs voor algemene doeleinden en een differentiatie voorstelde in een mathematisch-fysische en een maatschappelijke richting. De in onderwijskringen zeer druk besproken nota van minister Rutten werd gedeeltelijk verwerkt door zijn opvolger Cals, die in februari 1955 (kort na de lezing van Dijksterhuis) met de eerste nota kwam waarin de

contouren van de mammoetwet zichtbaar waren. De AMS werd in die conceptie vervangen door het HAVO en het MAVO.

* ‘Toute la philosophie’: ‘De hele filosofie is als een boom, waarvan de wortels de metafysica zijn, de stam de fysica is en de takken die uit de stam spruiten alle overige wetenschappen zijn, die zich laten herleiden tot de drie belangrijkste, te weten de geneeskunde, de mechanica en de zedeleer.’.
* ‘gladius Dei’: ‘het zwaard van God over de aarde, snel en gezwind’.
* ‘audax...’: De vertaling van de hele strofe waarvan Dijksterhuis de laatste regel citeert luidt als volgt:
  ‘Een god heeft tevergeefs getracht door d'Oceaan de werelden te scheiden
  want toch wisten onzalige schepen die heilige grens te overschrijden
  Het mensenras, dat alles waagt, stoort zich niet aan de goden,
  het stort zich in vermetelheid in al wat is verboden’
  (Vertaling van F.J. Brevet, in: Horatius, *Oden* (Leuven, 1978).)
* ‘concupiscentia’: ‘de begeerten van de ogen’.
* ‘S'il se vante’: ‘Als hij zich prijst, zal ik hem vernederen; als hij zich vernedert, zal ik hem prijzen; ik zal hem altijd tegenspreken, totdat hij eindelijk begrijpt dat hij een onbegrijpelijk monster is’ (vertaling van F. de Meyier, in: *Gedachten van Blaise Pascal* (Amsterdam, 1919).)
* ‘L'homme n'est qu'un roseau’: ‘De mens is slechts een riet, het zwakste van de natuur; maar hij is een denkend riet. Het is niet nodig dat het ganse heelal zich wapent om hem te verpletteren: een damp, een waterdruppel kunnen hem doden.
  Doch indien het heelal hem verpletterde, zou de mens toch edeler zijn dan wat hem sterven doet, omdat hij wéét dat hij sterft en wat het heelal op hem voor heeft; het heelal weet van niets. Al onze waardigheid bestaat dus in het denken. Van daar uit moeten wij ons verheffen en niet uit de ruimte of uit de tijd, die wij toch niet kunnen vullen. Laten we dus ons best doen goed te denken; dat is het beginsel van alle zedeleer’ (vertaling naar F. de Meyier).
* ‘Par l'espace’: ‘Door de ruimte bevat en verslindt het heelal mij als een stip; door de gedachte bevat ik het’ (vertaling F. de Meyier).

De grenzen der Griekse wiskunde

Hoezeer de wiskunde op zichzelf al beschouwd kon worden als een belangrijk cultuurelement illustreerde Dijksterhuis bij voorkeur aan de Griekse wiskunde. Als geestelijke prestatie kon zijns inziens het werk van Euclides, Archimedes en Apollonius op één lijn gesteld worden met de Griekse filosofie of de Griekse beeldhouwkunst. Ook in duurzaamheid deden de bijdragen die de Griekse wiskundigen aan de cultuur hadden geleverd niet onder voor die van de filosofen, de schrijvers of de beeldhouwers; zoals het ideaal van de klassieke kunst doorwerkte tot in de twintigste eeuw, was ook de invloed van de Griekse wiskunde nog steeds te voelen. Geen beschrijving van de Griekse cultuur was daarom volledig zonder ruime aandacht voor de Griekse wiskunde.

De studie van de Griekse wiskunde maakte in het interbellum boeiende tijden door. Niet alleen kwamen door de ontdekking van nieuwe documenten nieuwe gegevens beschikbaar over de Babylonische, Egyptische en Griekse wiskundigen,[1] ook de interpretatie van de reeds bekende gegevens was onderwerp van levendige discussie. Dijksterhuis, die in de jaren twintig en dertig regelmatig over de Griekse wiskunde publiceerde (hij schreef studies over Euclides en Archimedes en liet tal van artikelen het licht zien, onder andere in het voor classici bestemde tijdschrift *Hermeneus*), heeft aan die discussie weinig nieuwe inzichten toegevoegd. Zijn kracht lag meer in de heldere uiteenzetting van gangbare theorieën en het afgewogen oordeel over de relatieve waarde van die theorieën. Hij zag het vooral ook als zijn taak een breder publiek op de hoogte te brengen van feiten en denkbeelden die verder alleen de specialisten bekend waren.

Een duidelijk voorbeeld daarvan is de openbare les die Dijksterhuis in 1930 uitsprak bij de aanvaarding van het ambt van privaatdocent in de geschiedenis van de wiskunde in Amsterdam. Deze rede, getiteld *Het getal in de Grieksche wiskunde*, was geheel gewijd aan de stelling dat aan het begin van de Griekse wiskunde, ongeveer 400 v.Chr., een grondslagencrisis had plaats-gevonden die bepalend was geworden voor de hele verdere ontwikkeling van de wiskunde bij de Grieken. Zowel door de ontdekking der pythagoreërs dat de verhouding van twee lijnstukken niet altijd is weer te geven als een verhouding van twee natuurlijke getallen, als door de verwarring die werd gesticht door de paradoxen van Zeno over het oneindige achtten de Griekse wiskundigen zich gedwongen in plaats van de losse en plooibare structuur die de Babylonische en Egyptische wiskunde had gekenmerkt een streng bouwwerk van wiskundige systematiek in het leven te roepen dat de genoemde problemen de baas kon. De Grieken introduceerden een streng getalbegrip, dat onder een getal alleen een uit eenheden samengestelde hoeveelheid verstond en dat behalve wat wij irrationele en imaginaire getallen noemen ook de 0 en de 1 uitsloot. Dit strenge getalbegrip maakte een even strenge reorganisatie van de wiskunde mogelijk, die haar hoogtepunt

vond in de *Elementen* van Euclides, maar tegelijk werden de ontwikkelingsmogelijkheden van de Griekse wiskunde daardoor zozeer ingeperkt dat na de synthese van Euclides en het baanbrekende werk van Archimedes in de derde eeuw v. Chr. geen nieuwe hoogtepunten in de geschiedenis van de Griekse wiskunde meer volgden. De bloei van de Griekse wiskunde lag niet aan het eind van haar ontwikkeling, maar aan het begin.[2]

Aan de ruimere cultuurhistorische betekenis van die zelfopgelegde beperkingen van de Griekse wiskunde is het hier afgedrukte opstel gewijd. Dijksterhuis keert zich tegen de extreme interpretatie van de beperkingen van de Griekse wiskunde die Oswald Spengler in zijn befaamde *Der Untergang des Abendlandes* (1918) had gegeven.[3] Spengler, die de antieke cultuur als een in zichzelf besloten geheel beschouwde en aan werkelijke cultuuroverdracht niet geloofde, schilderde de Griekse wiskunde ook als een in zichzelf besloten geheel, dat voor de wiskundige ontwikkeling uit later tijd door de eigenaardigheden die haar aankleefden weinig te betekenen zou hebben gehad. Dijksterhuis bestreed dit: weliswaar had de Griekse wiskunde duidelijke grenzen, maar deze waren niet zo onoverkomelijk als Spengler het voorstelde. In de zestiende eeuw kon men daar doorheen breken en de wiskunde verder opbouwen op de grondslagen die al door de Grieken waren gelegd. Anders dan Spengler was Dijksterhuis overtuigd van de doorwerking van de Griekse wiskunde (en daarmee van de Griekse cultuur) in de cultuur van zijn eigen tijd.[4]

De grenzen der Griekse wiskunde

De mathematicus van onze tijd die met het wiskundig werk der Grieken in nauwer contact komt, zal zich, vooral wanneer dat contact verkregen wordt door zelfstandige studie van de klassieke schrijvers, weldra heen en weer geslingerd voelen tussen de meest tegenstrijdige gewaarwordingen. Het eerste wat hij ervaart, zal ongetwijfeld wel het verbaasde inzicht zijn hoe weinig de algemeen gangbare voorstellingen over de Griekse wiskunde recht doen wedervaren aan de rijkdom van haar inhoud, aan het vernuft van haar methoden, aan de scheppende kracht van haar probleemstellingen, en wanneer hij enigszins de aanleg tot de historische beschouwingen in zich heeft, wanneer hij dus enigszins het vermogen en de lust bezit om zich met behoud van de kritische gezindheid der moderne wetenschap, maar onder abstractie van de kennis van haar resultaten te verplaatsen in het denken van voorbijgegane perioden, zal hij niet kunnen nalaten een diepe bewondering te gevoelen voor de onvergankelijke bijdrage tot de ontwikkeling van het menselijk denken die de antieke cultuur in haar wiskundig werk aan de wereld heeft geschonken.

In deze stemming van bewondering zullen zich nu echter na korte tijd onvermijdelijk gevoelens van bevreemding en teleurstelling komen mengen; bij volledige erkenning van de hoge waarde van het door de Grieken tot stand gebrachte, zal hij zich onwillekeurig gaan afvragen waarom eigenlijk een volk, dat blijkbaar zo volstrekt was voorbeschikt voor de mathematische denk-vorm, in de toch talrijke eeuwen van zijn werkzaamheid niet nog veel verder in de wiskunde is gekomen; meer dan eens zal hij moeten vaststellen dat de begripsvorming en probleemstelling plotseling ophouden op een punt waar één stap verder nieuwe gebieden van onderzoek aan het licht zou hebben gebracht; hij zal verwonderlijke onevenwichtigheden opmerken, sterk verschil in ontwikkeling en groot onderscheid in waardering van onderwerpen die tegenwoordig in één adem worden genoemd en een voor onze opvattingen onvatbaar naast elkaar bestaan van abstruus gedachtenspel met mathematische begrippen en diepe wijsgerige inzichten in de grondslagen der wiskunde. En wanneer zo eenmaal de kritiek gewekt is, zal hij steeds meer gewaarworden hoe vreemd hij, bij alle vertrouwdheid met de resultaten die bereikt worden, toch tegenover de stijl van deze gehele gedachtenwereld blijft staan. Het zal lang duren voordat hij aan de klassieke opvatting der wiskunde voldoende

gewend is om met enige zekerheid te kunnen zeggen welke onderwerpen binnen de gezichtskring der Griekse mathematici kunnen zijn gevallen en welke daarvan principieel uitgesloten zijn geweest en hij zal een uitgesproken historische zin moeten hebben om niet onophoudelijk gewaarwordingen van wrevel, ergernis en ongeduld bij zich te voelen opkomen over de ondoorzichtige, moeilijk weer te geven wijze waarop zij resultaten bereiken die hij met behulp van de vertrouwde methoden der actuele mathesis zonder moeite in enkele ogenblikken kan terugvinden.

Het is volkomen begrijpelijk dat bij een niet uitzonderlijk historisch geïnteresseerde mathematicus van al deze gewaarwordingen de gevoelens van bevreemding en ergernis al spoedig zozeer de overhand zullen behouden, dat hij weinig aandacht meer aan de Griekse wiskunde zal wijden. Wat zij bereikt heeft betreft immers niet meer dan wat voor de hedendaagse wiskunde de eerste beginselen zijn en door de wijze waarop zij te werk gaat zondigt zij voortdurend tegen formele gewoonten die, hoewel betrekkelijk nog van jonge datum, reeds tot een onvervreemdbaar element van de huidige mathematische denkwijze zijn geworden.

Voor wie nu echter de wiskunde juist in haar historische ontwikkeling tracht te begrijpen zal natuurlijk noch het ene, noch het andere bezwaar enig gewicht hebben; integendeel: waar zijn niet-historische vakgenoot zich met ongeduld en wrevel - de ervaring leert dat dit een veel voorkomende reactie is - afwendt, voelt hij het bestaan van een historisch probleem. Het is dit probleem dat het onderwerp van dit opstel vormt en dat geformuleerd kan worden als de vraag hoe het te begrijpen is dat het Griekse wiskundige denken, dat toch de zuivere mathesis niet alleen heeft geschapen maar ook tot grote bloei heeft gebracht, niettemin in zijn materiële en formele ontwikkeling beperkt is gebleven binnen de eigenaardig verlopende grenzen die ons beletten er ons evenzeer vertrouwd mee te kunnen gevoelen als we er ons afhankelijk van weten.

Een vraag als deze kan bij eerste beschouwing wellicht volkomen onvruchtbaar lijken en zelfs principieel onvatbaar voor enige beantwoording. De ontwikkeling van het denken kost tijd; wat in een gegeven periode in een gegeven wetenschap bereikt werd, is door het aantal van hen die in die periode die wetenschap beoefenden en door het werk dat zij verrichten, volkomen bepaald en het moet wel een ijdele bezigheid lijken zich erin te verdiepen waarom het aantal van die beoefenaren niet groter was en hun werk niet omvangrijker. Zal men ooit iets meer kunnen doen dan zuiver beschrijvend vaststellen tot hoever de ontwikkeling in het beschouwde tijdvak is gegaan?

Hoe juist deze redenering ook moge zijn, in het geval van de Griekse wiskunde is er toch wel aanleiding tot dieper gaande vragen. Immers hier doet zich het merkwaardige feit voor dat, terwijl het tijdvak waarin zij werd beoefend zich, ruw geschat, over negen eeuwen uitstrekt, het hoogtepunt van haar ontwikkeling reeds omstreeks drie eeuwen na het begin bereikt werd: wat

daarna nog gekomen is was, op enkele uitzonderingen na, epigonen werk, aanvulling en uitbreiding, verbetering en toelichting met slechts hier en daar een poging nieuw leven in te blazen aan een blijkbaar verstarde wetenschap. En we nemen dus waar dat een veelbelovende en snel verlopende groei plotseling tot stand komt, zonder dat ooit nog weer een noemenswaarde opleving plaatsvindt.

Men zal het streven een zo merkwaardig verschijnsel zoal niet causaal te verklaren dan toch door historisch-mathematische beschouwingen te verhelderen, niet zonder meer als ijdel kunnen afwijzen en dus aan het probleem van de grenzen der Griekse wiskunde niet bij voorbaat het bestaansrecht kunnen ontzeggen. Vooral niet omdat dit verschijnsel reeds eenmaal als element van essentiële betekenis in een groots opgezet systeem van historische beschouwingen heeft gefungeerd. Oswald Spengler, de Cassandra van onze hedendaagse civilisatie, ziet namelijk in het eerste hoofdstuk van zijn *Untergang des Abendlandes* de Griekse wiskunde, evenals alle andere wiskunden, als een onafhankelijke gesloten schepping die, als een organisme, haar tijden van opbloei, van rijpheid, van verwelken en van afsterven heeft gekend en die niet dan in schijn voortleeft in de volkomen anders geaarde mathesis van het avondland. Dat schijnbestaan verklaart voor hem de gewaarwordingen van vreemdheid die wij ook bij dieper doordringend contact met haar voortbrengselen ervaren. Dat zij echter het hoogtepunt van haar ontwikkeling reeds eeuwen voor het definitieve einde van de Griekse beschaving bereikte, wordt begrepen door de overweging dat reeds toen de ontwikkelingsmogelijkheden die het klassieke getalbegrip, uitdrukking bij uitnemendheid van de stijl van een cultuur, in zich sloot waren uitgeput, welke uitputting zelf slechts een der vele symptomen was van het uitdoven van de scheppende krachten der klassieke oudheid. Wat men gewoonlijk ziet als het vroeg bereikte en door geen verdere stijging gevolgde hoogtepunt der Griekse mathesis, het werk van Euclides, van Archimedes en Apollonius, beduidt voor Spengler de inwendige voltooiing van een aan de Griekse cultuur eigen wiskundige vormenwereld, welke voltooiing in de zin van zijn systeem gelijktijdig is met het werk van de grote meesters der analyse in de negentiende eeuw, Gauss, Cauchy, Riemann. Het is een winterverschijnsel, een symptoom van de wereldstadcivilisatie, die aan de definitieve ondergang voorafgaat. Wat daarna nog voor waarlijk origineels optreedt behoort innerlijk reeds niet meer tot het afstervend organisme: Diophantos maakt reeds deel uit van de morgenperiode der Arabische cultuur die met de slotperiode der Griekse samenvalt en dat hij nog Grieks schreef en wellicht meende nog Grieks te denken, sluit niet uit dat hij niet meer als vertegenwoordiger van de Griekse wiskunde mag worden beschouwd.

De opvatting van Spengler die ik hiermee kort heb geschetst heeft zonder enige twijfel veel verleidelijks; zij beziet het verschijnsel van verslapping en verstarring dat de Griekse wiskunde vertoont, in zo grote samenhang dat het in de algemeen-historische beschouwing op zichzelf bijna niet meer als

problematisch gevoeld wordt en zij baseert zich op mathematische uitspraken die met onbetwijfelbare resultaten van het historisch onderzoek der wiskunde, i.c. het inzicht in het verschil tussen klassiek en modern getalbegrip schijnbaar zo identiek zijn dat de wiskundige, hoe vaak hij zich ook verplicht zal zien Spenglers beschouwingen als onhoudbaar en zelfs als wiskundig volkomen fout te verwerpen, zich bij oppervlakkige beschouwing toch altijd weer geneigd zal voelen de grote lijn van zijn betoog als juist te erkennen.

Of de instemming die men op deze gronden en onder invloed van het meeslepend pathos van zijn schrijfwijze aan Spengler wel gaarne wil schenken nu echter ook steeds tegen een meer kritische lezing van zijn uiteenzettingen en vooral tegen een toetsing van zijn mathematische argumenten aan de nieuwere inzichten in het wezen der Griekse wiskunde bestand zal blijken te zijn, is een andere vraag. Wanneer men zich eenmaal ontworsteld heeft aan het imposante karakter van de zekerheid waarmee Spengler in één ademtocht over meer gebieden van menselijk weten, voelen en kunnen spreekt dan de gemiddelde sterveling in de duur van zijn leven zal leren verstaan, wanneer men in het aangezicht van zijn ontzaglijke synthetische visie nog de moed tot nauwgezette studie van een detail weet te behouden en wanneer men dus in het geval dat ons bezighoudt de Griekse wiskunde in haar eigen ontwikkeling en in haar samenhang met de Westeuropese buiten verband met ondergangsbeschouwingen in het oog durft vatten, ziet men het gestelde probleem weer in scherpe omtrekken opduiken uit de nevelen van algemeenheid waarin het bij Spengler een tijdlang verdwenen scheen en men voelt zich gedrongen het nog eens onbevangen te beschouwen, alsof men de eerste was die het gesteld had.

De eerste plicht welke die onbevangenheid ons oplegt is wel deze dat we eens met enige principiële nauwkeurigheid moeten aangeven waar de grenzen der Griekse wiskunde eigenlijk liggen. Ik wil deze plicht vervullen door in grote trekken het verloop van haar ontwikkeling in de tijd te schetsen vanaf het ogenblik dat voor het eerst een onbetwijfelbaar document de duisternis verdrijft die over haar vroegste fasen uitgebreid ligt.

Dat document, een fragment van een werk over de kwadratuur van de cirkel van de wiskundige Hippokrates van Chios, die tussen 450 en 400 v. Chr. te Athene moet hebben geleefd, toont ons de Griekse wiskundigen in het midden der vijfde eeuw in het bezit van een geordend systeem der planimetrie en van het vermogen tot behandeling van meetkundige problemen over de oppervlakten van door cirkelbogen begrensde figuren die nog in onze tijd aan de grenzen der elementaire wiskunde gelegen zijn. Hoe de wiskunde zich in de omstreek 150 jaren die sedert Thales van Milete waren verstreken, tot zo aanzienlijke hoogte had ontwikkeld, is ons vrijwel geheel onbekend en zal, afgezien van de mogelijkheid van ontdekking van nieuwe bronnen, wel steeds onbekend blijven. Wel zullen we door voortgezette studie van reeds beschikbare maar nog niet uitgeputte bronnen nog meer te weten kunnen komen over het mathematische feitenmateriaal dat de Griekse mathematici uit Egypte en

Babylon kunnen hebben overgenomen. Dat blijkt reeds nu meer te zijn dan men in een periode van reactie op de vroeger gebruikelijke overschatting van de oeroude wijsheid, die men vooral in Egypte vermoedde, placht aan te nemen. Maar het kan nog heel veel meer worden, zonder dat daardoor het wonder dat er in het wiskundig werk van de Hellenen der zesde en vijfde eeuw gelegen is, meer begrijpelijk zal worden gemaakt en zonder dat de meest wezenlijke verdienste van het Griekse mathematische denken zal worden verkleind. Want Grieks blijft toch ongetwijfeld het voor de wording der zuivere wiskunde beslissende denkbeeld, de ongeordende, op een mengeling van redeneren, meten, raden en proberen gebaseerde verzameling van mathematische uitspraken te rangschikken in een logisch sluitend systeem, waarin enkele fundamentele stellingen onbewezen als juist werden aanvaard en waarin men er nu verder naar streefde om onder uitschakeling van ieder beroep op de fysische ervaring of op het residu daarvan in de voorstelling en op grond van nauwkeurige definities der gebruikte termen, alle andere uitspraken door redenering af te leiden. Het denkbeeld van zulk een axiomatisering van een zeker gebied van ons weten is voor de verdere ontwikkeling, zowel van wiskunde als van natuurwetenschap, van het hoogste belang gebleken en er is nauwelijks één plaats in onze geestelijke cultuur aan te wijzen, waar wij de samenhang van het moderne en het klassieke denken zo sterk gevoelen als hier.

Het zal wel nauwelijks nodig zijn te vermelden dat het ideaal van een volstrekte axiomatisering der meetkunde bij een eerste poging niet kon worden verwezenlijkt. Eerst de ontwikkeling der moderne wiskunde van de laatste halve eeuw heeft aan het licht gebracht hoe sterk het beste dat de Grieken op dit punt hebben bereikt, bij dat ideaal ten achter blijft; zelf hebben zij echter al spoedig ingezien hoeveel er aan het hippokratische elementensysteem ontbrak en ze hebben er onophoudelijk naar gestreefd de logische opbouw der meetkunde te verbeteren. Een sterke prikkel moet daarbij gevormd zijn door de befaamde crisis die, naar we aannemen, omstreeks 400 v. Chr. het wiskundig denken tot in zijn grondslagen heeft geschokt. Die crisis werd veroorzaakt, enerzijds door het inzicht in de ontoereikendheid van een theorie der verhoudingen waarin stilzwijgend werd aangenomen dat twee gelijksoortige grootheden zich steeds als getallen verhouden, anderzijds door het besef van de onuitputtelijkheid van oneindige processen waarvan het aflopen in menig sofistisch schijnbewijs als denkbaar was voorgesteld. Uit deze beide inzichten hebben de Griekse mathematici, die in de strengheid van hun denken voor niets terugdeinsden, de volle consequenties getrokken; in een reconstructie van het gehele systeem der wiskunde, waaraan vooral de namen van Eudoxos en Theaitetos verbonden zijn, hebben zij een nieuwe redentheorie opgesteld die zo algemeen is dat de gevallen van onderlinge meetbaarheid en onderlinge onmeetbaarheid der optredende grootheden niet onderscheiden behoeven te worden, een exacte opbouw der aritmetica gege-

ven, die de middelen verschaft om, waar dit nodig is, de onderscheiding tussen rationale en irrationale redens toch weer te maken en een zeer strenge theorie ter behandeling van oneindige processen ontwikkeld, die vroeger gewoonlijk met de onjuiste en niet-klassieke naam van exhaustiemethode werd aangeduid, maar die men beter karakteriseert als methode van de indirecte grensovergang. De synthese van al deze belangrijke vondsten, hun uiteenzetting, afronding en toepassing vindt ca. 300 v. Chr. plaats in het beroemde werk van Euclides, de *Elementen*, dat het fundament is geworden waarop alle latere Griekse mathematici hebben voortgebouwd en dat tot het begin van de negentiende eeuw toe als de onaantastbare grondslag voor alle wiskundig denken is beschouwd.

Na Euclides heeft zich in de Alexandrijnse school de wiskunde zeer snel tot grote hoogte ontwikkeld en wel voornamelijk door het werk van twee der grootste mathematici van alle tijden, Archimedes en Apollonius. De betekenis van Archimedes ligt vooral in de vondst van vernuftige en strenge methoden ter bepaling van lengten, oppervlakten en inhouden, in de geometrie van de maat dus, die van Apollonius in de opstelling van een theorie der kegelsneden waarin de geometrie van de ligging op de voorgrond staat. Beiden bewegen zich daarbij op gebieden die men op grond van een niet recht duidelijke en niet zeer consequente onderscheiding, in onze tijd wel tot de hogere wiskunde pleegt te rekenen: Archimedes ontwikkelt beschouwingen die mathematisch equivalent zijn met de theorie der bepaalde integralen: wanneer hij bijvoorbeeld de oppervlakte wil berekenen die wordt begrensd door een winding van de later naar hem genoemde spiraal, sluit hij de beschouwde figuur in tussen twee reeksen van om- respectievelijk ingeschreven cirkelsectoren en bepaalt nu volgens de methode van Eudoxos de gemeenschappelijke limiet waartoe de sommen van beide reeksen bij voortgaande verkleining van de middelpuntshoek der sectoren naderen. Apollonius past methoden toe die later de grondslag der analytische meetkunde zullen vormen: hij karakteriseert de bestudeerde krommen door de betrekkingen waaraan de coördinaten van haar punten voldoen en leidt met behulp van de Griekse oppervlakterekening of geometrische algebra uit de aldus verkregen symptomen (later vergelijkingen genoemd) nieuwe eigenschappen van die krommen af. Van geen van beiden is echter met de gegeven karakteristiek de werkzaamheid afdoende omschreven: beiden beoefenen de aritmetica; Archimedes legt bovendien het eerste verband tussen wis- en natuurkunde doordat hij evenwichtsvraagstukken voor vaste en vloeibare lichamen mathematisch behandelt en statische methoden in de meetkunde toepast; Apollonius beweegt zich ook op terreinen die wij thans tot de projectieve meetkunde rekenen, hierin, evenals in de studie der kegelsneden, reeds voorafgegaan door Euclides.

Wanneer nu met de voltooiing der derde eeuw v. Chr. aan de werkzaamheid van de twee grootste mathematici der Oudheid een eind is gekomen, blijkt de impuls die zij aan de wiskunde hebben gegeven wel verre van nieuwe onder-

zoekingen in te leiden zonder veel noemenswaarde uitwerking te blijven. Niet dat de komende eeuwen niet nog menig interessant mathematisch werk zouden opleveren: de grote problemen van hoektrisectie, kubusverdubbeling en cirkelkwadratuur blijven de vindingrijkheid prikkelen en leiden tot de bestudering van verschillende merkwaardige krommen. Zenodoros ontsluit met zijn onderzoekingen over isoperimetrische problemen een nieuw gebied dat in latere eeuwen grote rijkdommen zou blijken te bevatten. Maar iets waarlijk nieuws, iets wat niet evengoed bij Archimedes of Apollonius zou kunnen staan, komt op het gebied der meetkunde niet tot stand. En de grootste poging die ca. 300 na Chr. door Pappus wordt gedaan om de beoefening der wiskunde te bevorderen door een werk dat als gids bij de studie van de vroegere schrijvers zou kunnen dienen, heeft ook al geen nieuw leven gebracht.

Slechts op twee punten is na de periode van hoogste bloei iets nieuws ontstaan: Menelaos en Ptolemaeus ontwikkelen als vervolg op de door Euclides en Theodosios gesystematiseerde meetkunde op de bol de sferische trigonometrie en leiden daarmee voor het eerst rekenende methoden in de meetkunde in. Diophantos vervormt de van de Egyptenaren overgenomen maar in het bloeitijdperk veronachtzaamde algebra tot een enigszins meer symbolische gedaante, ontplooit groot vernuft in de oplossing van onbepaalde vraagstukken in rationale getallen en vindt verschillende resultaten der latere getallentheorie.

Maar beide prestaties blijven geïsoleerd staan: sferische trigonometrie is uitsluitend een hulpvak voor en wordt zelfs behandeld als onderdeel van de astronomie, wat haar mathematische verdieping en het ontstaan van een goniometrie en vlakke trigonometrie belemmert. En de aritmetica van Diophantos, een vuurwerk van mathematisch vernuft dat zich in de derde eeuw na Chr., voorzover we weten onvoorbereid, ineens in de Griekse wiskunde vertoont, zal dertien eeuwen lang moeten wachten op een bestudering die tot voortzetting leidt.

Na 300 wordt het voor wat er van de helleense beschaving over is zelfs moeilijk het ontzaglijk erfdeel aan kennis en methode dat aan haar zorg is toevertrouwd, in stand te houden en behoorlijk te beheren. Voor een deel blijft het in Byzantium geconserveerd. Maar wanneer niet ca. 800 de groeiende Arabische wetenschap behoefte had gevoeld zich de grote mathematische schatten der Griekse cultuur eigen te maken, zouden wij waarschijnlijk van de Griekse wiskunde een nog veel meer fragmentarische kennis bezitten dan thans tot onze beschikking staat.

Ziehier, wat men zou kunnen noemen een principiële geschiedenis der Griekse wiskunde die met verwaarlozing van alle details slechts de grote lijnen van het beeld wil doen uitkomen. Rechtvaardigt zij niet reeds voor een deel de karakteristiek die ik als inleiding gaf, doordat zij duidelijk de onevenwichtig-

heid van de ontwikkeling voor ogen voert? Want inderdaad: naast een drie eeuwen voor Christus reeds vrijwel voltooide plani- en stereometrie komt eerst drie eeuwen na Christus een zeer bescheiden begin van algebra te staan; naast de redenering in woorden komt de redenering in getallen, het rekenen, te kort; metrische beschouwingen overheersen sterk de toch niet geheel afwezige projectieve; naast een trigonometrie op de bol staat er geen voor het platte vlak; terwijl het begrip van de bepaalde integraal aanwezig is, blijkt geen spoor van de grondgedachte der differentiaalrekening.

Wanneer we nu het aldus bepaalde grillig begrensde gebied in het oog vatten, kunnen we al dadelijk de onhoudbaarheid inzien van de door Spengler verdedigde opvatting van een inwendige voltooiing van een aan de Griekse cultuur eigen vormenwereld, van een uitputten van de combinatiemogelijkheden die potentieel aanwezig waren in de grondslagen van het systeem. Wel verre van voor ons te staan als een volgroeid organisme, maakt de Griekse wiskunde in hoge mate de indruk van een onvoltooid gebouw waaraan het werk door een tekort aan arbeidskrachten en als gevolg van voorlopig onoverkomelijke moeilijkheden tijdelijk gestaakt is, maar dat slechts wacht op nieuwe bouwmeesters en nieuwe werklieden die het met eigen initiatief en frisse krachten in de geest der oorspronkelijke plannen zullen voltooien. Want het ís toch inderdaad in latere tijden voltooid en achteraf kunnen we vaak de plaatsen waar het werk na een onderbreking van eeuwen weer is voortgezet, niet meer herkennen. Wanneer in de zeventiende eeuw de getallentheorie haar tijdperk van grote bloei ingaat, knoopt zij onmiddellijk aan bij het werk der Grieken; de oude problemen van volmaakte en bevriende getallen trekken weer de aandacht; Fermat schrijft zijn diepste gedachten als kanttekeningen in zijn Diophantos en bevestigt veel, wat deze reeds vermoed had; zijn geliefde redeneermethode van de ‘descente infinie’ zou in een Grieks geschrift niet misstaan. De analytische meetkunde van Descartes, volgens Spengler toto genere verschillend van de meetkunde van Euclides, is voor een aanzienlijk deel niet meer dan de Griekse ‘analuomenos topos’ in een nieuwe inkleding; haar proefstuk is de algemene behandeling van een probleem van Pappus dat de Griekse wiskunde reeds in bijzondere gevallen had behandeld; de meetkundige behandeling van een kubische vergelijking in het derde boek van de *Géométrie* verschilt in beginsel niet van de archimedische. Het heeft een tijdlang kunnen schijnen alsof de integratiemethoden van Kepler, Cavalieri, Fermat en Huygens principieel verschilden van de Griekse, maar we weten sedert 1906* dat ook hun meer heuristisch vruchtbare dan wiskundig zuivere werkwijze bij Archimedes als middel om resultaten op het spoor te komen in gebruik is geweest. Wanneer echter ca. 1800 de verwaarlozing van de exactheid die de Grieken bij de definitieve formulering van hun oneindige processen steeds in acht hadden genomen, tot contradicties gaat voeren en de negentiende-eeuwse analyse zich genoodzaakt ziet hogere eisen aan de strengheid te stellen dan die der achttiende in haar ontdekkingsroes gedaan had,

behoeven de wiskundigen niets anders te doen dan de redeneringen van Eudoxos in modern symbolisch gewaad te steken: de methode van de indirecte grensovergang herleeft in de moderne theorie der convergente varianten, de redentheorie uit het vijfde boek van Euclides in de snedetheorie van het irrationale getal.

Zo blijkt in tal van gevallen de kiem van de moderne mathematische begripsvorming in het Griekse wiskundige denken reeds aanwezig te zijn en er is dus wel alle aanleiding naar de oorzaken te vragen die hebben kunnen belemmeren dat die kiem zich reeds in de Griekse cultuur ontwikkelde. Om die oorzaken op het spoor te komen zullen we onze aandacht niet langer op die punten moeten richten waarin Griekse en moderne wiskunde overeenstemmen, maar veeleer op die waarin ze verschillen.

Dat er zulke verschilpunten bestaan weet ieder die ooit een Griekse wiskundige schrijver in het oorspronkelijke heeft gelezen en zich daarbij beijverd heeft zich in zijn gedachtengang werkelijk te verplaatsen. Men merkt dan dat het grote inspanning kost bij de langdurige, onoverzichtelijke, geheel in woorden ingeklede redeneringen de aandacht te blijven bepalen en in de lange reeksen van mathematische conclusies die zonder toelichting over richting of doel der deductie worden meegedeeld, de grote lijn van het betoog te blijven zien. Die inspanning wordt nog vergroot door de vrij aanzienlijke formele complicatie van de toegepaste operatieve methoden, de redentheorie, de oppervlakterekening, de indirecte grensovergang, waarmee men eerst na langdurige oefening zo vertrouwd raakt dat men een bewijs in Griekse trant zelfstandig kan weergeven.

Tracht men de moeilijkheden van de lectuur te ontgaan door een vertaling van de Griekse tekst, dan merkt men al spoedig dat een overzetting in het Latijn of in een moderne taal slechts een zeer geringe verlichting met zich mee brengt; het is natuurlijk waar dat men wegens het meer vertrouwde lettertype een passage sneller kan overzien; maar men kan zich door kennis te nemen van de voortreffelijke absoluut letterlijke vertalingen van Griekse wiskundige werken in het Frans die de Belgische waterstaatsingenieur Paul Ver Eecke in zo groten getale tot stand heeft gebracht,* ervan overtuigen dat men even vreemd blijft staan tegenover de gehele wijze van inkleding der redeneringen en tegenover de toegepaste methoden.

Een geheel ander resultaat verkrijgt men echter wanneer men het Griekse betoog weergeeft met behulp van de internationale taal der moderne wiskunde en de tekst dus schrijft in het tekenschrift dat zij sedert de invoering der symbolische algebra in het begin der zeventiende eeuw voor de grote meerderheid van haar onderwerpen gebruikt. Plotseling blijken dan bladzijden tekst ineen te krimpen tot enkele regels algebraïsche herleiding; langdurige omwegen die de techniek der redentheorie vereist, kunnen door een eenvoudige algebraïsche berekening worden ontgaan; de bewerkingen der oppervlaktere-

kening met hun vreemd aandoende terminologie kunnen worden uitgedrukt door de theorie der vierkantsvergelijkingen; het resultaat van een indirecte grensovergang kan op grond van eenvoudige stellingen over limieten onmiddellijk worden voorspeld. En men merkt daarbij telkens weer tot zijn verbazing op dat de inhoud van het aldus ontcijferde mathematische betoog geheel identiek is met wat een moderne wiskundige redenering over hetzelfde onderwerp bevat: de wijze waarop Apollonius de kegelsneden behandelt kan niet, zoals men zo vaak meent, als synthetisch-meetkundige methode tegenover de algebraïsch-analytische van Descartes worden gesteld; *Conica* en *Géométrie* onderscheiden zich alleen in de taal der in beide toegepaste analyse, meetkundig in het ene werk, algebraïsch in het andere. Wat Pappus schrijft over fundamentele stellingen der projectieve meetkunde schijnt bij eerste kennismaking zonder veel verband te zijn met de manier waarop wij ze thans bewijzen, maar in modern tekenschrift overgezet blijkt bijvoorbeeld zijn afleiding van de stelling van Pascal voor een ontaarde kegelsnede identiek met de redenering waardoor de projectieve meetkunde die stelling voor kegelsneden in het algemeen bewijst.

We zien dus dat het zeer aanzienlijke verschil dat we tussen Griekse en moderne wiskunde moeten vaststellen, in veel hogere mate de vorm dan de inhoud van de mathematische redenering betreft en verder dat dit verschil in vorm in de eerste plaats hierdoor wordt veroorzaakt dat de Grieken niet beschikken over een symbolische algebra, waardoor hun bewijzen voor ons gevoel omslachtig en ondoorzichtig zijn. Datzelfde gemis heeft echter nog meer ten gevolge gehad. Het heeft de Griekse mathematici in vele opzichten belet hun resultaten en methoden in algemene vorm te formuleren; het heeft hen genoodzaakt talrijke gevalonderscheidingen te maken waar de algebraïsche afleiding alle gevallen ineens omvat, en eenzelfde redenering in extenso te herhalen bij alle gelegenheden waarin ze kan worden toegepast en het heeft daardoor alle onderzoekingen mateloos uitvoerig gemaakt.

De hierdoor veroorzaakte eigenaardigheid der Griekse wiskunde wordt zeer uiteenlopend beoordeeld: wanneer Archimedes bij iedere bepaling van een oppervlakte of een inhoud opnieuw het gehele apparaat van de indirecte grensovergang in werking stelt, verwijt de een hem dat hij causuïstisch is en geen algemene methode bezit, terwijl de ander zijn werkwijze tegenover die der hedendaagse wiskunde plaatst als handwerk tegenover fabrieksproduktie. In waarheid zijn hier natuurlijk blaam en lof even ongemotiveerd: de denkmethoden der Griekse wiskunde zijn even algemeen als de onze; het streven naar algemene formulering bezit ze, getuige de opbouw der meetkunde, zo goed als wij; maar het gemis aan een symbolische algebra verhindert dat streven in alle gevallen waarin de meetkundige inkleding te kort schiet.

Zodra men dit feit nu niet meer esthetisch waardeert maar in zijn praktische gevolgen tracht te overzien, wordt het duidelijk welk een belemmerende werking het moest uitoefenen. Wanneer de tegenwoordige analyse nog zo te

werk ging als Archimedes, zou ze nergens waar van een limiet sprake is een vroeger bewezen stelling der variantentheorie mogen toepassen, maar ze zou overal tot de oorspronkelijke limietdefinitie terug moeten gaan. Men ziet gemakkelijk in dat er van een efficiënte algoritmisering van enig vak onder zulke omstandigheden geen sprake kan zijn.

En hiermee is de invloed van het ontbreken van een symbolische algebra nog geenszins uitgeput. Een zeer belangrijk gevolg ervan was ook dat de Griekse analytische meetkunde, die zich van de planimetrische methoden der oppervlakterekening moest bedienen, zich nooit heeft kunnen verheffen tot de behandeling van algebraïsche krommen van hogere dan de tweede graad en dat zij altijd gebonden is gebleven aan de eis van homogeniteit van alle vergelijkingen. En verder staat het wel vast dat het grote verschil tussen Grieks en modern getalbegrip - een verschil waarvan de invloed door Spengler ongetwijfeld overdreven wordt voorgesteld, maar dat in ieder geval toch een belangrijke uitwerking heeft gehad - voor een groot deel aan dezelfde oorzaak is toe te schrijven. De latere wiskundigen hebben namelijk al de getalsoorten die de Grieken niet hebben gekend, de negatieve, de irrationale, de complexe, om van nieuwere uitbreidingen van het getalbegrip nog maar te zwijgen, niet eerst ingevoerd en daarna algebraïsch voorgesteld, maar ze zijn veeleer door het formalisme van de algebraïsche bewerkingen tot die invoering gedwongen. En wel gedwongen in de meest letterlijke betekenis van het woord: met tegenzin en weerstrevend tegen wat onredelijk lijken moest. Vandaar de historische naam absurde getallen voor de negatieve, de nog gangbare term irrationaal die als letterlijke vertaling van het Griekse alogos direct door onredelijk kan worden weergegeven; en vooral de merkwaardige benaming imaginair voor complexe getallen (of een bijzonder getal daarvan), die zelfs de indruk wekt alsof die bepaalde getalsoort helemaal niet bestond.

Wanneer ik nu op grond van al deze beschouwingen de geringe ontwikkeling van de symbolische voorstelling als een belangrijke oorzaak van de opvallende stagnatie van de groei der Griekse wiskunde aanwijs, hoop ik het juiste midden te bewaren tussen twee naar mijn mening beide te scherp toegespitste opvattingen over de relatie waarin moderne en klassieke wiskunde tot elkaar staan. De ene is de mening van Spengler, die zich door het inderdaad opvallende vormverschil tussen beide heeft laten verleiden een verschil in wezen aan te nemen; de andere is een onder andere door Otto Toeplitz* voorgestane zienswijze waarin op beider essentiële samenhang zo sterke nadruk wordt gelegd dat aan het onderscheid dat ze verdeeld houdt, als sléchts de vorm betreffend, nauwelijks aandacht wordt gewijd.

Over de stelling van Spengler sprak ik straks al; de mening van Toeplitz lijkt mij in zoverre aanvechtbaar dat zij het probleem van de grenzen waaraan de Griekse wiskunde in haar historische ontwikkeling toch ongetwijfeld gebonden is geweest, onaangeroerd laat. En haar zwakke zijde ligt wel in het

bijzonder in het woordje ‘slechts’, in verband met vormverschillen gebruikt. Men moet in het algemeen al voorzichtig zijn met begripsmatige dualistische onderscheidingen in wat zich als één verschijnsel voordoet; men moet het echter met de onderscheiding van vorm en wezen in het bijzonder zijn waar het wiskunde betreft. Want de studie der historie leert - en waarlijk niet alleen in het geval der Griekse wiskunde - dat de manier van inkleding van een mathematische redenering, de keuze van nomenclatuur, notatie en symbool een zo sterke invloed op de lotgevallen van een theorie kon uitoefenen, dat men wel eens geneigd is te vragen of niet de vorm der mathesis tot haar wezen behoort. In het bijzonder gaat van het mathematische symbool niet zelden een haast magische kracht uit; ingevoerd als hulpmiddel tot verkorting der uitdrukkingswijze, verandert het al spoedig van een volgzame dienaar in een eigenwillige leidsman, die zijn oorspronkelijke meester langs wegen leidt die hij niet had gedroomd ooit te zullen betreden en waarvoor zijn redelijk denken aanvankelijk, soms zelfs duurzaam, terugdeinst. Met een lichte variant op een bekend woord van Goethe zou men de wiskundige tekentaal kunnen betitelen als ‘eine gebildete Sprache, die für dich rechnet und denkt’, en die formulering maakt het duidelijk welk een krachtige steun het Griekse wiskundige denken zich heeft onthouden toen het zich voor zijn redeneringen steeds door is blijven bedienen van de woordtaal alleen.

We zijn nu met het aangeven van althans één mogelijke oorzaak voor de begrensdheid der Griekse wiskunde een trede beneden de oppervlakte der feiten gekomen; bestaat er kans nog een stap verder omlaag te gaan en de vraag te beantwoorden hoe het komt dat het vermogen tot symbolische voorstelling van mathematische begrippen en redeneringen bij de Grieken zo weinig ontwikkeld is gebleven? Die stap zal, zo zij al uitvoerbaar is, met grote voorzichtigheid dienen te geschieden en het is dan ook slechts als een bescheiden bijdrage tot een meer volledige beantwoording der gestelde vraag, dat ik op een intern mathematische omstandigheid wil wijzen die het ontstaan van die bijzondere symboliek die wij in onze letter-algebra toepassen, bij de Grieken, gesteld dat het gronddenkbeeld ervan ooit is opgekomen, op een voor ons zeer verrassende wijze zou hebben moeten belemmeren. Zij bestaat hierin dat de letters van het alfabet al in beslag waren genomen voor het cijferschrift; hiervoor was namelijk het zogenaamde alfabetische systeem in gebruik waarin de getallen een tot tien, de tientallen en de honderdtallen elk door een afzonderlijke letter worden aangegeven. Als men echter de letters al gebruikt heeft om bepaalde getallen te schrijven, kan men er niet nogmaals een beroep op doen om de onbepaalde getallen voor te stellen die de algebra nodig heeft. Een Grieks wiskundige zou in $(\alpha + \beta)$ nooit iets anders hebben kunnen lezen dan $(1 + 2)$.

We moeten ons er nu echter voor hoeden in de tot dusver in het oog gevatte eigenaardigheid der Griekse wiskunde de enige oorzaak van belemmering van

haar groei te zien. We komen een tweede op het spoor wanneer we nagaan in welk opzicht de moderne wiskunde in de eerste fase van haar ontwikkeling zich van de Griekse nog meer onderscheidt dan door de toepassing van de algrebra op meet- en rekenkunde. Onmiddellijk trekt dan de belangrijke tak van het wiskundig denken de aandacht die in de zeventiende eeuw door behandeling van het snelheidsbegrip in de mechanica en van het raaklijnprobleem in de meetkunde tot de invoering van de differentiaalrekening heeft geleid. Daardoor toch werden allerlei gedachtengangen die in de Griekse wiskunde tot stilstand waren gekomen weer in beweging gesteld, terwijl er tal van gebieden door werden ontsloten die de Grieken nooit hadden betreden. Het raaklijnbegrip dat in de Griekse leer der kromme lijnen weliswaar was ingevoerd en tot op zeker hoogte ontwikkeld, maar dat men toch nooit in volledige algemeenheid had weten te doorgronden, werd nu eerst volkomen doorzichtig gemaakt en vatbaar voor rekenende methoden. Het integraalbegrip van Archimedes, plotseling op verrassende wijze in verband gebracht met het grondbegrip van de differentiaalrekening, bleek vatbaar voor een algoritmisering, die de toepasbaarheid ervan sterk verhoogde. En naast de mathematische statica groeide als tweede fundament voor de wiskundige behandeling der natuurverschijnselen de wiskundige leer der beweging, die zich bij de Grieken nooit boven het geval van eenparigheid had kunnen verheffen; welke omstandigheid, naast de onvoldoende ontwikkeling van empirische methoden, het tot stand komen van een Griekse natuurwetenschap van enige omvang heeft belet.

Hier trad voor het eerst het wiskundig denken voor goed buiten de Griekse gezichtskring waarin een algebra nog denkbaar zou zijn maar een differentiaalrekening nauwelijks. In de Griekse wiskunde was geen plaats voor de mathematische behandeling van de verandering; zij ziet op grond van haar samenhang met de wijsgerige opvattingen van Plato de wiskundige vormen als eeuwig en onveranderlijk; ze kan de raaklijn aan een kromme slechts beschouwen als rechte die één punt op en alle andere binnen een zekere omgeving daarvan aan dezelfde zijde der kromme heeft, niet als rechte die de (veranderlijke) richting in elk punt bepaalt; ze kan bewegingen slechts behandelen wanneer ze eenparig zijn, omdat ze dan, zoal niet actu dan toch potentia, eeuwig mogen heten.

De geschetste karaktertrek der Griekse wiskunde verklaart tot aanzienlijke hoogte nog een ander in het oog springend verschil waardoor zij zich van de moderne onderscheidt, namelijk het ontbreken van het algemene begrip van de functionele afhankelijkheid tussen twee grootheden. Want het moge waar zijn dat voor dat begrip het denkbeeld van verandering niet volstrekt nodig is omdat men met een wederzijdse toevoeging van waarden uit twee verschillende systemen kan volstaan, en dat zelfs in het begrip van de continuïteit niets zit van het vloeiende dat de aanschouwelijke voorstelling eraan verbindt; dit neemt niet weg dat voor de praktische behandeling van het functiebegrip de

aanschouwelijke voorstelling van een grootheid die in afhankelijkheid van een onafhankelijk veranderlijke grootheid zelf verandert, van de hoogste heuristische waarde is; voor die voorstelling is echter in het strenge wiskundige denken der Grieken geen plaats. Zij missen het vermogen dat de moderne wisen natuurkunde tot zo grote virtuositeit hebben ontwikkeld, namelijk volmaakt streng gedefinieerde begrippen aan te duiden met woorden die aanschouwelijk klinken en nu van de suggestie van die aanschouwelijkheid te profiteren om de weg te vinden in het wijde land der abstractie. In het bijzondere geval der functionele afhankelijkheid krijgt hun wiskunde daardoor iets stars en stroefs. De symptomen der analytische meetkunde drukken wel uit welke betrekking er tussen abscis en ordinaat van elk punt van een kromme bestaat, maar de kromme wordt niet beschouwd als te worden beschreven door een punt met continu veranderlijke abscis. Zulk een voorstelling treedt slechts op wanneer een kromme mechanisch door combinatie van bewegingen wordt voortgebracht, maar in die gevallen is ze juist onvatbaar voor de methoden der Griekse oppervlakterekening, die in het bijzonder voor krommen van de tweede graad bestemd zijn. En het is tekenend dat, hoewel in hun projectieve meetkunde wel de invariantie van de dubbelverhouding van vier punten op een rechte bij centrale projectie op een andere rechte wordt bewezen en de voorwaarde voor perspectieve ligging van twee puntviertallen op verschillende dragers wordt afgeleid, van projectieve toevoeging van twee puntreeksen (of stralenbundels) niets blijkt, zodat ook van een projectieve voortbrenging van de kegelsneden geen sprake is.

Overigens hangt het ontbreken van de functionele beschouwingswijze natuurlijk ook weer samen met het gemis aan een symbolische algebra. Om functies te kunnen beschouwen moet men ze kunnen uitdrukken en de geschiedenis leert zelfs dat de beschouwing ervan eerst ten gevolge van de algebraïsche uitdrukking is ontstaan.

In het bovenstaande zijn enkele oorzaken van intern-mathematische aard opgesomd die tot op zekere hoogte begrijpelijk kunnen maken hoe het mogelijk was dat de Griekse wiskunde lang voor de voltooiing van de tijd van haar beoefening de grenzen van haar ontwikkeling bereikte. Ze deed dit, om het nog eens kort samen te vatten, niet omdat ze haar onderwerp had uitgeput, maar omdat ze als gevolg van eenzijdigheid in haar denk- en uitdrukkingswijze de wegen niet kon vinden waar langs ze verder moest gaan en ook had kunnen gaan. Eerst na de overwinning van die eenzijdigheid in de Indische en Arabische wiskunden kon door synthese van de daarin gevolgde methoden met de Griekse de moderne wiskunde ontstaan.

Het zal wel nauwelijks betoog behoeven dat in de gegeven beschouwingen de principiële verschilpunten tussen Griekse en moderne wiskunde niet volledig zijn aangegeven. Niet vermeld is onder meer dit belangrijke punt dat het meetkundig denken der Grieken altijd gebonden is gebleven aan de

fysische eigenschapen der ervaringsruimte, waardoor hun geometrie nooit meer geworden is dan een geaxiomatiseerde fysica van de metrische eigenschappen der vaste lichamen, terwijl de moderne wiskunde naar willekeur een veelheid van geometrieën in ruimten van eigen schepping voortbrengt. En hiermee hangt weer een verschil in opvatting van het woord axioma samen, dat voor de Grieken een evident inzicht duidt, terwijl het voor ons de betekenis van een bestanddeel van een impliciete definitie heeft. Voor de beantwoording van de vraag waaraan dit opstel gewijd is komt de beschouwing van dergelijke verschilpunten echter niet in aanmerking. Want die vraag was niet deze òf de Griekse wiskunde van de onze verschilt; dat staat buiten twijfel; waar het om ging was ten eerste dit: of men mag zeggen dat zij zo van de onze verschilt als in een mensenleven de jongen een andere is dan de volwassen man, die dezelfde persoonlijkheid is gebleven maar die zijn eigen jonger ik ver te boven kan zijn gekomen in fysieke en psychische ontwikkeling; en het doel was vervolgens, in te zien waardoor de vreemde stagnatie die er na veelbelovende jeugdjaren plotseling in de ontwikkeling bleek op te treden, veroorzaakt kon zijn. Ik hoop aannemelijk te hebben gemaakt dat men tot de beschouwing der beide wiskunden als fasen van eenzelfde groeiverschijnsel enig recht heeft en voorts althans de voornaamste oorzaken voor de groeibelemmering, voorzover deze van intern-mathematische aard zijn, te hebben aangegeven.

Natuurlijk zullen er ook wel factoren van externe aard hebben meegewerkt. De klassieke spreuk ‘primum vivere, deinde philosophari’ herinnert er aan dat ook in de Oudheid de beoefening van de wetenschap niet steeds beschouwd kan worden zonder verband met de vraag hoe haar beoefenaren in hun levensonderhoud voorzagen. De gedachte aan Plato, docerend in de Olijvenhof, de Akademeia, aan Aristoteles, rondwandelend met zijn discipelen, kan weliswaar de voorstelling wekken van een idyllisch amateurisme van materieel onbezorgde geleerden; op den duur zal echter toch wel de vraag of een bepaald vak in voldoende mate werd bestudeerd, niet zelden afhankelijk zijn geweest van de andere vraag of die bestudering door de samenleving om praktische redenen werd verlangd en of de maatschappelijke toestanden van dien aard waren dat men een voldoend aantal geschikte personen in staat kon stellen zich aan haar te wijden. De vorstelijke geste der Ptolemaeën, die te Alexandria het Mouseion stichtten en in stand hielden, heeft ongetwijfeld een even grote dienst aan de wetenschap bewezen als in de zeventiende en achttiende eeuw de instelling van de grote Europese academies gedaan heeft. Of echter in de latere eeuwen er enige andere noemenswaarde uitwendige prikkel tot de studie der wiskunde heeft bestaan dan er gelegen was in de betekenis die zij als propaedeuse voor de wijsbegeerte en als hulpmiddel voor de astronomie bezat, mag zeer twijfelachtig heten.

Intussen weten we van dergelijke invloeden nog te weinig af om er bij de studie der wetenschapsgeschiedenis ernstig rekening mee te houden, zoals

ook de zo vaak als vaststaand aangenomen samenhang tussen haar en de politieke geschiedenis nog veel te vaag is om er iets meer dan een mogelijk programma van toekomstig onderzoek in te kunnen zien.

Zodat het voorlopig nog maar het veiligst lijkt zich bij de beschouwing van de historische ontwikkeling der wiskunde tot de zuiver-mathematische factoren waardoor die ontwikkeling beïnvloed kan zijn te bepalen en zich daarbij bewust te blijven van het hopeloze van de taak een stuk verleden ooit in waarheid te doen herleven.

Eindnoten:

1 Zie bijvoorbeeld: E.J. Dijksterhuis, 'De mathematische papyrus uit het Staatsmuseum voor Schoone Kunsten te Moskou', in: *Euclides* 7 (1930-1931) 140-148. De grote deskundige op het terrein van de voorgriekse wiskunde was O. Neugebauer, van wiens werk Dijksterhuis dankbaar gebruik maakte. Een Nederlandse samenvatting van een halve eeuw onderzoek naar voorgriekse en Griekse wiskunde treft men aan in: B.L. van der Waerden, *Ontwakende wetenschap. Egyptische, Babylonische en Griekse wiskunde* (Groningen, 1950), dat regelmatig refereert aan het werk van Dijksterhuis.

2 De these over de grondslagencrisis in de Griekse wiskunde, voor het eerst opgeworpen door de Franse wetenschapshistoricus Paul Tannery, kreeg ruime bekendheid door: H. Hasse, H. Scholz, *Die Grundlagenkrisis der Griechischen Mathematik* (Charlottenburg, 1928). Tegenwoordig neemt men aan dat de Griekse wiskunde een geleidelijker ontwikkeling heeft doorgemaakt dan Hasse en Scholz, en in hun voetspoor ook Dijksterhuis, aannamen. Zie bijvoorbeeld: H. Freudenthal, 'Y avait-il une crise des fondements des mathématiques dans l'antiquité?', in: *Bulletin de la Société Mathématique de Belgique* 18 (1966) 43-55.

3 Spenglers theorie werd eerder bestreden door H. Scholz in een 'Anhang' bij het in noot 2 genoemde werk dat hij met H. Hasse schreef. Scholz behandelt speciaal de vraag: 'Warum haben die Griechen die Irrationalzahlen nicht aufgebaut?'

4 Complementair aan het artikel over de grenzen van de Griekse wiskunde was in zekere zin Dijksterhuis' Akademie-voordracht *Renaissance en natuurwetenschap* (Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afdeling Letterkunde, N.R., deel 19, nr. 5; Amsterdam, 1956), waarin kritische opmerkingen worden gemaakt bij de voorstelling van de duistere Middeleeuwen en de renaissance der natuurwetenschappen (inclusief de wiskunde) in de vijftiende en zestiende eeuw. Ook daar legt Dijksterhuis dus nadruk op continuïteit en geleidelijkheid in de ontwikkeling van de wetenschap. Zie ook hierna p. 202.

* 1906: In 1906 ontdekte de Deense filoloog J.L. Heiberg in Istanboel een perkament uit de bibliotheek van het klooster San Sepulchri te Jeruzalem dat onder andere het verloren gewaande werk van Archimedes over de 'Methode' bleek te bevatten (Van der Waerden, *Ontwakende wetenschap*, 237).

* Paul Ver Eecke: Van Ver Eecke verschenen onder andere: *Oeuvres complètes d'Archimède* (Brussel, 1921) en *Pappus d'Alexandrie. La Collection mathématique* (Parijs-Brugge, 1933).

* Otto Toeplitz: Toeplitz (1881-1940), hoogleraar in Bonn, was medeoprichter van de serie *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik*, waaraan de eerste aflevering in 1929 verscheen en waarvan Toeplitz enkele studies over de wiskunde van Plato bijdroeg.

De betekenis van de wis- en natuurkunde voor het leven en denken van Blaise Pascal

De kloof tussen alfa en bèta scheidt niet alleen de literatoren van de beoefenaars van natuurwetenschap en wiskunde, maar ook de theologen. Dijksterhuis heeft zelf die scheiding kunnen ervaren toen hij in zijn woonplaats Oisterwijk eens een lezing voor theologen over de zeventiende-eeuwse Franse godsdienstige denker, filosoof en wiskundige Blaise Pascal (1623-1662) moest houden, en daarin de nodige aandacht gaf aan Pascals beschouwingen op het terrein van de kansberekening. Uit de lacherige stemming die dit bij zijn toehoorders opriep, merkte Dijksterhuis dat men de door hem geschetste combinatie van wiskundig vernuft en diep religieuze overtuiging meer dan merkwaardig vond. Zó kenden de theologen in de zaal hun Pascal niet.[1] En juist bij iemand als Pascal, die op het terrein van de wiskunde en de natuurwetenschappen niet minder aandacht verdient dan op dat van de theologie, leidt zo'n radicale scheiding tussen beide gebieden tot ernstige vertekening en onbegrip.

Dijksterhuis is zich vooral na de oorlog intensief met Pascal gaan bezighouden. Dit kwam mede door gesprekken die hij voor en na de oorlog in Oisterwijk en 's-Hertogenbosch voerde met de hervormde predikant Krijn Strijd.[2] Dijksterhuis, van huis uit Nederlands Hervormd, was niet erg kerks, maar toen in februari 1939 de nog jonge Strijd naar Oisterwijk werd beroepen en deze anders dan zijn voorgangers wel over de gave van het woord bleek te beschikken, was dat voor Dijksterhuis reden om weer eens ter kerke te gaan. Hij raakte bevriend met Strijd en al spoedig kwamen zij op zaterdagmiddagen bij elkaar om over allerlei onderwerpen te praten, niet alleen geloofszaken. Dijksterhuis en Strijd waren op politiek terrein zeer verschillende meningen toegedaan; Strijd was bijvoorbeeld overtuigd anti-militarist en pacifist (het verhaal gaat zelfs dat in de mobilisatietijd een soldaat voor de kerk op wacht stond als Strijd preekte, ten einde te voorkomen dat in Oisterwijk gelegerde soldaten bij hem ter kerke gingen), terwijl Dijksterhuis liberaal stemde en verder a-politiek was. Toch konden ze het goed met elkaar vinden. Aan hun gesprekken kwam een eind toen Strijd in 1941 vertrok naar Hengelo, maar toen hij na de oorlog die plaats verruilde voor 's-Hertogenbosch, werd de draad weer opgenomen. Ook toen Strijd later hoogleraar in Amsterdam werd, bleven zij met elkaar in contact.

Gestimuleerd door de gesprekken met Strijd is Dijksterhuis van plan geweest een hele reeks studies aan Pascal te wijden. Hij heeft er in Utrecht ook college over gegeven, maar behalve de Akademieverhandeling is er geen zelfstandige publikatie over Pascal meer verschenen; een artikel voor *De Gids* is bijvoorbeeld in de pen blijven steken. De betrekkelijk geringe plaats die Pascal in het oeuvre van Dijksterhuis inneemt, moet niet verkeerd begrepen worden. Ook over Galilei, wiens werk Dijksterhuis nog meer ter harte ging, heeft hij betrekkelijk weinig geschreven. Men hoeft echter de passages over Pascals waardering voor de wiskundige denkvorm en de denktucht

die de wiskunde haar beoefenaars oplegt maar na te lezen om te begrijpen hoezeer Dijksterhuis zich aangetrokken voelde tot de Franse wiskundige. In het probleem van de twee talen (de taal van de filosoof en de theoloog en de taal van de wiskundige) dat bij de bestudering van Pascal de onderzoekers parten speelt, kunnen we een pendant zien van het probleem van de twee culturen dat Dijksterhuis zijn leven lang zo beziggehouden heeft.

De betekenis van de wis- en natuurkunde voor het leven en denken van Blaise Pascal

I

De nu reeds meer dan honderd jaar vloeiende, in het laatste decennium zelfs nog wassende stroom van publikaties over Blaise Pascal heeft nog steeds niet geleid - leidt, zo lijkt het wel, in steeds mindere mate - tot het resultaat dat men van een zo intens bedreven studie zou mogen verwachten: tot een beschrijving van zijn leven waarin althans over de belangrijkste feiten geen meningsverschil meer zou bestaan, tot de vorming van een beeld van zijn menselijke persoonlijkheid en van zijn betekenis als mathematisch, natuurwetenschappelijk, filosofisch en godsdienstig denker, dat althans in hoofdtrekken door allen die zich met hem bezighouden aanvaard zou kunnen worden.[§1] Integendeel: alle fundamentele twistpunten die de pascalisanten van oudsher niet in twee maar in een verscheidenheid van kampen verdeeld hebben gehouden, blijken in de nieuwste literatuur nog onverzwakt aanwezig te zijn: tegenover de in Frankrijk steeds gretig gehuldigde mening dat zijn werk op het gebied van wis- en natuurkunde hem tot een van de allergrootste wetenschappelijke figuren van de zeventiende eeuw zou stempelen, ja dat men hem als een volstrekt enig genie zou kunnen beschouwen[2], wordt de bewering gesteld dat zijn wetenschappelijke prestaties, hoe belangrijk en menigmaal bewonderenswaardig zij ook mogen zijn, toch niet het recht geven hem als evenknie van de eigenlijke grondleggers van de nieuwere wis- en natuurkunde, van figuren als Galilei, Kepler, Huygens, Newton en Leibniz, te beschouwen.[3] De in het bijzonder in het begin van deze eeuw door Mathieu

§ Er wordt geciteerd met auteursnaam en nummer der bladzijde; de volledige titels zijn verzameld in de literatuurlijst. De citaten uit de *Pensées* worden in de tekst zelf aangegeven door het nummer van het betrokken fragment in de editie Brunschvicg minor.

1 Wie Duhamel 141 zijn essay over Pascal ziet beginnen met de woorden: 'De Pascal, on sait aujourd'hui tout ce qui se peut savoir. Avec une patience infinie, les savants ont tout révélé, tout pesé, tout mis en ordre', zal wellicht geneigd zijn te concluderen dat men het blijkbaar zelfs over het al of niet bestaan van een algemeen aanvaarde visie op Pascal niet eens is. Men krijgt echter de indruk dat Duhamel slechts zijn eigen kijk heeft willen geven zonder eerst de literatuur over het onderwerp te raadplegen.

2 Brunschvicg (4) 170: 'un génie absolument unique'.

3 Een bezadigde beoordeling van zijn prestaties als wiskundige geeft Bosmans. Over zijn werk als fysicus kan men Leavenworth raadplegen, over zijn gehele wetenschappelijk werk Humbert.

uitgesproken en toen door de meest vooraanstaande Franse wetenschapshistorici met verontwaardiging van de hand gewezen twijfel aan zijn wetenschappelijke originaliteit en integriteit wordt opnieuw vernomen.[4] Nog steeds verschilt men van mening over de mate van rechtzinnigheid van zijn godsdienstige overtuigingen. Tegenover de nog steeds met nadruk verdedigde bewering dat hij tot het laatst toe is blijven volharden in de door het kerkelijk leergezag veroordeelde jansenistische opvattingen[5], wordt van andere zijde verzekerd dat op de twee in de Pascal-biografiek* onderscheiden bekeringen tot het jansenisme (in 1646 en in 1654) kort voor zijn dood de zogenaamde derde bekering gevolgd is[6], die hem weer terugbracht tot het ware rooms-katholieke geloof en dat hij dus in volkomen vrede met de Kerk gestorven is.[7] Men kan hem enerzijds als fideïst afgeschilderd vinden[8] en als wegbereider van het hedendaagse antirationalisme[9] en anderzijds getypeerd als rationalist[10]. Tegenover de het eerst door Victor Cousin gegeven en later nog vaak opnieuw beproefde karakterisering als scepticus[11] staat de bewering van de dogmatische aard van zijn denken[12]. Op zuiver biografisch gebied blijft men van mening verschillen over de ware gang van zaken in de periode 1652-1654, die in de terminologie der Pascal-biografen de mondaine periode van zijn leven heet: waar de een[13] hem slechts ziet als geïnteresseerd toeschouwer van de wereldse kringen waarin hij na de dood van zijn vader Etienne en de intrede van zijn zuster Jacqueline in het klooster van Port-Royal was gaan verkeren, spreekt een ander[14] van het losbandig leven dat hij in deze periode zou hebben geleid en laat het zelfs niet ontbreken aan de insinuatie dat de uitermate slechte gezondheidstoestand waarin hij de laatste negen jaren van zijn leven verkeerd heeft, wel met die levenswijze zal hebben samengehangen. De exploitatie van een omnibusdienst te Parijs, waarvoor hij in 1661, dus een jaar voor zijn dood, een concessie verwierf, wordt hier beschouwd als een uiting van reine filantropie en met het schrijven van *Le mystère de Jésus* in een onverwacht stichtelijk

4 Een samenvatting van de controverse geeft Thirion. De beschuldigingen van Mathieu zijn kort geleden herhaald door Delbet, wiens werk nog eens alle anti-pascaliaanse beschouwingen die in de loop der tijden gehouden zijn, herhaalt.
5 Baudin I, 41. Idem II, ch. iii. Laporte (2) 14.
6 Zo is de mening van Chevalier, Boutroux, Giraud en vele anderen. De term ‘derde bekering’ bij Delbet 246. Volgens Lefebvre 191 vgl. was deze bekering min of meer geforceerd.
7 Sassen 13.
8 Laporte (2) 161. Bestreden door Baudin I, 75. Over de traditie van antirationalisme idem I 119.
9 Chestov. EHMD 355.
10 Baudin I ch. iv, v.
11 Laporte (2) 161 merkt op dat deze karakteristiek, die krachtige steun vindt in de teksten, tegenwoordig wel eens wat heel vlug verworpen wordt.
12 Baudin I, ch. iii.
13 Zie b.v. Boudhors I xlviii.
14 Delbet 290, 338.

verband gebracht[15], ginds[16] als een gezonde uiting van een goed zakeninstinct dat herbelegging zocht van de door Port-Royal uit vrees voor confiscatie terugbetaalde 'dot' van Jacqueline[17]. De vele, uitvoerige, maar altijd enigszins vage berichten over zijn ziekten prikkelen nog steeds medici tot het stellen van een diagnose, zonder dat daarbij eenstemmigheid bereikt schijnt te kunnen worden.[18] De door Voltaire in omloop gebrachte bewering dat hij na het legendarische ongeluk op de Pont de Neuilly geestelijk gestoord zou zijn geweest[19], vindt nog steeds aanhangers en daardoor ook weer bestrijders. Voegt men hier nog bij dat, zoals in onze dagen te verwachten was, zich voor kort in het veelstemmig koor der pascalisanten ook een marxistische stem is gaan mengen[20], die voor het volledig begrip van Pascals persoon en werk belangrijke steun verwacht van een nauwgezette historische studie van het sociaal-economisch milieu waarin zijn leven zich afspeelde en die zich verheugt over de zuiver materialistische denkwijzen die hij hem op bepaalde punten meent te zien huldigen, dan zal het wel duidelijk zijn dat men nog allerminst, ja minder dan ooit, van een algemeen aanvaarde definitieve visie op Pascal kan spreken en dat er voor ieder die zich eenmaal in zijn raadselachtig wezen is gaan verdiepen voortdurend aanleiding bestaat een poging te doen tot het verwerven van een eigen standpunt in elk der vele controversen die ik u kort heb trachten te schetsen.

Het is niet mijn bedoeling dit hier voor een of meer van de aangeroerde meningsverschillen te doen, zelfs niet op het punt waarop ik het eerst tot een zelfstandig oordeel zou kunnen komen, namelijk de vraag naar de ware betekenis van zijn werk als wis- en natuurkundige voor de ontwikkeling der wetenschap in de zeventiende eeuw. Indien ik namelijk daarover zou willen spreken, zou ik òf te veel moeten vergen van uw belangstelling in en vertrouwdheid met de wetenschapshistorische situatie in de tijd waarin Pascals leven valt, òf daarover eerst zo uitvoerige voorlichting moeten geven dat de tijdgrenzen van een mededeling aanzienlijk overschreden zouden worden. Ik heb daarom als onderwerp niet de plaats gekozen die Pascal in de geschiedenis der wis- en natuurkunde bekleedt, maar de betekenis die de beoefening van deze wetenschappen in zijn leven en voor zijn denken heeft gehad. Dit zal mij namelijk de gelegenheid geven te wijzen op een leemte die de Pascal-bio-

15 Chevalier in *Larousse du XXe siècle*, V 398.
16 Delbet 223.
17 Strowski I xcvii.
18 Een overzicht geeft Tourneur 24-37. De nieuwste hypothese is van René Onfray, *L'abîme de Pascal* (Alençon, 1949). Besproken in: *Archives internationales d'histoire des sciences* III (1950) 718.
19 Voltaires beschouwingen over Pascal in *Oeuvres complètes* XXII (1879) 27-61 en XXXI (1880) 18-40. Hatzfeld 187 citeert uit een brief aan Condorcet: 'Mon ami, ne vous lassez point de répéter que depuis l'accident du pont de Neuilly le cerveau de Pascal était dérangé.' Boutroux 196: 'un fou sublime né un siècle trop tôt'.
20 Henri Lefebvre.

grafiek, hoe intens ze ook bedreven is, naar mijn mening nog steeds vertoont en tevens een bescheiden poging te doen haar aan te vullen, de leemte namelijk die het gevolg is van een onvoldoende aandacht voor het ondanks alle meningsverschillen over zijn juiste historische positie toch wel vaststaande feit dat Pascal èn een groot wiskundige èn een belangrijk natuuronderzoeker geweest is.

Enkele uitzonderingen, zoals Brunschvicg, Strowski en Chevalier niet te na gesproken, vertonen namelijk Pascals biografen in meerdere of mindere mate allen de neiging dit feit te beschouwen als een op zichzelf weliswaar niet oninteressant maar toch voor wat men als het wezenlijkste aan hem beschouwt, zijn filosofische en religieuze persoonlijkheid, volstrekt bijkomstig feit. Zij verzuimen natuurlijk niet de traditionele verhalen over zijn jeugd als wiskundig wonderkind te vermelden; zij herhalen zekere stereotiepe oordelen over het natuurwetenschappelijk werk dat hij in de jaren 1646-48 verricht heeft (die in de regel op zijn best tweedehands zijn), maar zij laten de wetenschappelijke activiteit die hij later nog ontwikkeld heeft veelal reeds te veel in de schaduw en, wat het ergste is, zij geven over het algemeen weinig blijk te beseffen of zelfs maar te vermoeden dat mathematische en natuurwetenschappelijke begaafdheid eigenschappen zijn die in hoge mate iemands algemene geesteshouding mede bepalen en dat het dus in ieder geval de moeite waard moet zijn eens te onderzoeken in hoeverre in de verzameling van losse, door de uitgevers onder de titel *Pensées* samengebrachte aantekeningen voor een ontworpen apologie van de christelijke godsdienst een invloed van de mathematisch-fysische inslag van zijn denken is vast te stellen.

De leemte die ik meen op te merken is dus een tweeledige; zij betreft enerzijds de zuiver biografische, maar daardoor ook de psychologische component van de Pascal-studie, anderzijds de karakteristiek van zijn denken zoals dit zich in zijn geschriften openbaart. In die tweeledigheid is zij echter te beschouwen als de uitwerking van een enkele welhaast traditioneel geworden instelling ten aanzien van zijn persoon, van een bepaalde strekking die de Pascal-biografiek van oudsher vertoond heeft en waarvan niet zelden zij die zich tegen haar verzetten, zelfs wanneer zij in de tegenovergestelde strekking vervallen, toch ook nog een zekere invloed ondergaan blijken te hebben.

In de voornaamste oorspronkelijke bronnen waaruit men gegevens over zijn levensloop, zijn persoonlijkheid en zijn denkbeelden putten kan - met name de biografische aantekeningen die zijn zuster Gilberte Périer en haar dochter Marguérite te boek hebben gesteld[21] en de inleiding tot de eerste, in 1670 verschenen editie van de *Pensées*, die door de heren van Port-Royal in overleg met Gilbertes zoon Etienne verzorgd is[22] - maakt zich namelijk

21 Gepubliceerd in Brunschvicg maior I. Het geschrift van Gilberte ook in Brunschvicg minor 2-40.

22 Brunschvicg minor 303-316. Over de verschillende edities van de *Pensées* Brunschvicg minor 262. Over de samenwerking met Etienne Pascal Sainte-Beuve III 371.

duidelijk een opzet bemerkbaar die men het best als hagiografisch zou kunnen betitelen. Er bestaat een duidelijke neiging Pascal tot de heilige van het jansenisme te maken en in verband daarmee over de wereldse kant van zijn leven, dus zowel over zijn wetenschappelijke werkzaamheid als over zijn verkeer in libertijnse en mondaine kringen in dezelfde geest te schrijven als men het in levens van echte heiligen over hun wereldse, wellicht zelfs zondige bestaan voor de beslissende bekering doet. Wetenschappelijk werk (over libertinisme en mondaniteit behoeven wij in dit verband helemaal niet te spreken!) stond nu eenmaal bij de jansenisten (voorzover ze althans niet onder cartesiaanse invloed waren gekomen) niet in hoog aanzien. In het bijzonder had Jansenius, een gedachte van de heilige Augustinus overnemend en als gewoonlijk op de spits drijvend, 'la recherche des secrets de la nature qui ne nous regardent point, qu'il est inutile de connaître et que les hommes ne veulent savoir que pour les savoir'* gebrandmerkt als een van de symptomen van die ziekte der ziel die de *concupiscentia*, in dit speciale geval de *libido sciendi* heet, 'cette curiosité toujours inquiète... que l'on a palliée du nom de science'.[23*]

Aan de andere kant had Port-Royal er echter propagandistisch belang bij het wetenschappelijke werk van zijn beroemde en geniale aanhanger niet onder de korenmaat te houden, maar het integendeel onder de algemene aandacht te brengen: men wilde de atheïsten beschamen door het schouwspel van de eminente en uiterst kritische geleerde, wiens intelligentie geen beletsel vormde voor een oprecht geloof maar die zoals hij het zelf uitdrukt 'savait douter où il faut, assurer où il faut, en se soumettant où il faut' (268).* Zo is het te begrijpen dat de familie Périer er na Blaises dood in 1662 wel toe is overgegaan zijn belangrijkste natuurwetenschappelijke geschriften, de twee *Traités de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air* uit te geven, maar dat zij zich in de inleiding verweert tegen de gedachte dat men hieruit nu iets van de eigenlijke grootheid van zijn geest zou kunnen ontwaren. 'Ce n'est pas,' schrijft zijn zwager Florin Périer, 'que ces écrits ne soient achevez en leur genre, ni qu'il soit guères possible d'y mieux réussir, mais c'est que ce genre mesme est tellement au dessous de luy, que ceux qui n'en jugeront que par ces écrits, ne se pourront former qu'une idée très foible et très imparfaite de la grandeur de son génie et de la qualité de son esprit.'[24*]

In overeenstemming met deze opvatting wordt ook in de biografie die Gilberte aan haar broer wijdt het wetenschappelijk werk dat hij in zijn jeugd heeft gedaan uitvoerig en met kennelijke trots beschreven. Zij vertelt het blijkbaar tot de familieoverlevering behorende onzinnige verhaal van de

23 Jansenius, *Discours de la réformation de l'homme intérieur*; vertaling van Arnauld d'Andilly; geciteerd Sainte-Beuve II 478-480. Verwante beschouwingen van Augustinus: *Confessiones* X 35.

24 Brunschvicg maior III 267.

twaalfjarige Blaise, van wie de vader om pedagogische redenen alle boeken over wiskunde verre had gehouden en die nu zelf met behulp van ruwe figuren, bestaande uit strepen die hij ‘des barres’ en kringen die hij ‘des ronds’ noemde, de meetkunde was gaan opbouwen en, toen zijn vader hem daarbij betrapte, reeds tot de 32ste propositie van het eerste boek van Euclides gekomen bleek te zijn; zij bericht over de nog steeds naar hem genoemde stelling over zes punten op een kegelsnede en over het helaas verloren gegane *Traité des coniques*, waarin hij op grondslag van die stelling de leer der kegelsneden verder ontwikkelde; over de rekenmachine die hij op zijn negentiende jaar uitvond en over de luchtdrukproeven die hij op zijn drieëntwintigste deed. Maar zij legt er de nadruk op dat dit onderzoek, op een in haar oog onwezenlijke uitzondering na, dan ook zijn laatste bijdrage tot de ‘sciences humaines’ vormde, omdat de Voorzienigheid hem reeds voor zijn vierentwintigste jaar tot het inzicht bracht dat hij voortaan slechts voor God moest leven en zich met verzaking van alle andere kennis slechts aan het *unum necessarium* wijden moest.[25]

In de hedendaagse Pascal-biografiek wordt nu wel algemeen erkend[26] dat Gilberte in dit verhaal volkomen in strijd geraakt met ondubbelzinnig vast te stellen feiten; zo valt bijvoorbeeld het gehele onderzoek over luchtdrukverschijnselen, dat in oktober 1646 begonnen is later dan de zogenaamde eerste bekering tot het jansenisme waarop zij zinspeelt en die in de eerste maanden van datzelfde jaar moet hebben plaastgehad, terwijl zijn belangrijkste werk op het gebied van rekenkunde en waarschijnlijkheidsrekening nog weer zes tot acht jaar later verricht is. En toch is het juist alsof men zich nog steeds min of meer door Gilbertes voorstelling laat leiden. Men kan er een sprekend voorbeeld van vinden in de verzekering van Sainte-Beuve (die door hedendaagse pascalisanten zelden uitdrukkelijk wordt tegengesproken) dat zich in Pascal, toen hij in oktober 1646 door Petit de beroemde barometerproef van Torricelli had zien uitvoeren (die, hoewel reeds in 1644 in Italië gedaan, eerst toen in Frankrijk bekend was geworden) en hij zich nu gedrongen voelde haar verklaring met behulp van luchtdruk boven alle twijfel te verheffen, een hevige tweestrijd zou zijn gaan afspelen doordat hij zich verwijten ging maken over zijn gehechtheid aan de menselijke wetenschap en het gehele onderzoek voelde als een verzaking van zijn roeping. Hij zou dus tot september 1648, toen door de proef op de Puy de Dôme het definitieve bewijs van de juistheid van zijn theorie geleverd werd, als het ware met een slecht geweten hebben gewerkt en dat zou samen met de inspanning die het experimentele werk van hem vergde, zijn gezondheid te gronde hebben gericht.

Dat klinkt misschien niet onaannemelijk. Er is echter geen enkele uitlating van of over Pascal bekend waaruit ook maar iets van de door Sainte-Beuve

25 Brunschvicg minor 4-11.
26 Zo bijvoorbeeld Michaut XXVI.

geschilderde tweestrijd zou blijken en die het gehele verhaal zou kunnen verheffen tot iets meer dan een door Gilbertes levensbeschrijving geïnspireerde fantasie. En er is aan de andere kant veel dat rechtstreeks tegen zijn voorstelling strijdt, met name de voorbeeldige zorgzaamheid waarmee het gehele onderzoek is opgezet, de onverzwakte kritische aandacht voor zwakke punten in de langzamerhand rijpende overtuiging van de onjuistheid van de theorie van de *horror vacui* en van de juistheid van de nieuwe luchtdruk-theorie, de vindingrijkheid in het bedenken van nieuwe proeven waardoor de gerezen twijfelingen weerlegd konden worden en ten slotte de hartstochtelijke ijver waarmee hij zijn prioriteitsrechten tegen aanspraken van anderen verdedigde. Het is waar dat er toen een tijd is geweest dat zijn benen verlamd waren en hij op krukken moest lopen. Maar hij heeft nu eenmaal naar alle waarschijnlijkheid van jongs af een zeer wankele gezondheid bezeten en de oorzaak van zijn ziekte van 1648 zal wel eerder daarin moeten worden gezocht dan in het onderstelde zielsconflict of in de vermoeienissen van zijn experimenteel werk, die hij bovendien op het meest spectaculaire punt, de bestijging van de Puy de Dôme, voor rekening van zijn zwager Périer liet.

Dat de door de beide dames Périer in omloop gebrachte voorstelling over het vroege definitieve einde van Pascals wetenschappelijke werkzaamheid op latere pascalisanten zulk een sterke invloed heeft kunnen uitoefenen, is waarschijnlijk niet in de laatste plaats toe te schrijven aan de beroemd geworden welsprekende tirade waarin Chateaubriand haar in zijn werk *Génie du christianisme* formuleert[27]:

> Il y avait un homme qui, à douze ans, avec des *barres* et des *ronds*, avait créé les mathématiques; qui, à seize, avait fait le plus savant traité des coniques qu'on eût vu depuis l'antiquité; qui, à dix-neuf, réduisit en machine une science qui existe tout entière dans l'entendement; qui, à vingt-trois ans, démontra les phénomènes de la pesanteur de l'air, et détruisit une des grandes erreurs de l'ancienne physique; qui, à cet âge où les autres hommes commencent à peine de naître, ayant achevé de parcourir le cercle des sciences humaines, s'aperçut de leur néant et tourna ses pensées vers la religion; qui, depuis ce moment jusqu'à sa mort, arrivée dans sa trente-neuvième année, toujours infirme et souffrant, fixa la langue que parlèrent Bossuet et Racine, donna le modèle de la plus parfaite plaisanterie comme du raisonnement le plus fort; enfin qui, dans les courts intervalles de ses maux, résolut par distraction, un des plus hauts problèmes de la géométrie, et jeta sur le papier des pensées qui tiennent autant du Dieu que de l'homme. Cet effrayant génie se nommait *Blaise Pascal*.[28*]

Men kan veilig zeggen dat deze tirade, een typisch voorbeeld van het gevaar

27 Sainte-Beuve II 481.
28 Chateaubriand, 3ième partie, Livre second, Ch. VI.

van literaire welsprekendheid bij historici, in de negentiende eeuw de grote lijnen van de levensbeschrijving van Pascal is blijven bepalen en dat zij, ondanks de vermaning die Brunetière[29] in 1885 tot de pascalisanten richtte om toch eindelijk eens op te houden haar steeds weer te citeren, tot in onze tijd toe haar invloed blijft uitoefenen.[30] Want men wil dan tegenwoordig wel erkennen dat Pascal na zijn eerste bekering wetenschappelijk werkzaam is gebleven, maar men doet dit alleen om met des te meer overtuiging te kunnen volhouden dat de tweede, de definitieve bekering, die op 23 november 1654 in een soort religieus visioen schijnt te hebben plaatsgevonden en waarover men na zijn dood een aantekening, het befaamde *Mémorial*, in een zak van zijn jas genaaid vond, dan toch voor goed een einde aan zijn profaan wetenschappelijk werk gemaakt heeft. Hij zou zijn wetenschap bewust ten offer hebben gebracht aan zijn geloof om voortaan alleen nog maar voor het heil van zijn ziel en voor de verdediging van de christelijke godsdienst tegen atheïsten en deïsten te leven.[31] De ommekeer die de hem te beurt gevallen religieuze ondervinding in zijn leven bracht zou zo radicaal geweest zijn dat de Pascal van 23 november 1654 nauwelijks meer als dezelfde mens als die van voor die datum te beschouwen zou zijn. De grote editie van zijn verzamelde geschriften in de collectie *Les grands écrivains de la France*, de zogenaamde Brunschvicg maior, illustreert deze fundamentele scheiding tussen de twee levensperioden door een indeling van zijn werken in twee series: *OEvres jusqu'au Mémorial* en *OEuvres depuis le Mémorial*.

Nu is natuurlijk noch Gilberte, noch Chateaubriand noch een van de latere Pascal-biografen onbekend geweest met de merkwaardige episode die de kwestie van de zogenaamde roulette in Pascals leven na het *Mémorial* gevormd heeft, maar het lijkt wel alsof zij zich allen enigszins gedrongen voelen haar te bagatelliseren omdat de theorie van de volkomen ommekeer en het daaruit voortvloeiende *sacrificium intellectus*, de verzaking van de profane wetenschap, moeilijk houdbaar blijkt wanneer men haar in haar volle betekenis erkent. Laat ik u kort mogen uiteenzetten waar het om gaat.

Volgens in wezen overeenstemmende verhalen[32] van Gilberte en Marguérite Périer zou Pascal in het jaar 1658 in een van de vele slapeloze nachten die zijn voortdurende kiespijn hem bezorgde, ter verstrooiing zijn aandacht hebben geconcentreerd op wat zij 'la proposition' of 'le problème de la roulette' noemen en zou hij erin geslaagd zijn de oplossing daarvan te vinden. Zijn

29 F. Brunetière, 'De quelques travaux récents sur Pascal', in: *Revue des deux mondes* 61 (1885) 212.

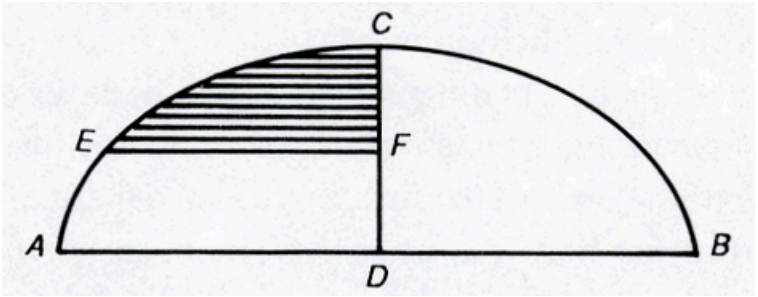
30 Humbert ontleent er zelfs de indeling van zijn werk in hoofdstukken aan.

31 Over het offer van zijn wetenschap dat Pascal gebracht zou hebben bijvoorbeeld Brunschvicg (3) 170: 'celui qui avait abdiqué, pour le service de son Dieu, un génie absolument unique.' Nog tegenwoordig wordt over dit *sacrificium intellectus* veelal als over iets vaststaands geschreven. Zie bijvoorbeeld Dokter 25.

32 Brunschvicg maior I 81, 134. Brunschvicg minor 24.

vriend, de Duc de Roannez, die hem 's avonds tevoren had verlaten terwijl hij hevige pijn leed, zou hem 's morgens hebben teruggevonden, ‘guéri par la roulette, qu'il avoit cherchée et trouvée’.*

Deze mededelingen vereisen dadelijk enige toelichting. De roulette is de naam die destijds gegeven werd aan de kromme, beschreven door een punt van de omtrek van een cirkel die eenparig over een rechte lijn rolt en die later eerst trochoïde en ten slotte definitief cycloïde zou heten. Zoveel hebben de dames Périer er ongetwijfeld van geweten; overigens valt het op hoe ondeskundig hun berichten zijn waar zij het voorstellen alsof er nu over deze kromme een enkele stelling bewezen of een bepaald probleem moest worden opgelost. Dat was natuurlijk helemaal niet het geval; men kan er natuurlijk talrijke vragen over stellen en dat was dan ook sedert Mersenne haar in 1615 onder de aandacht der mathematici gebracht had al ruimschoots gedaan. Wij weten niet precies wat Pascal er in die kiespijnnacht over gezocht en gevonden heeft, wel dat hij in de loop der komende maanden bleek te beschikken over een meer gedetailleerde kennis van de eigenschappen der kromme dan die reeds gemeengoed der Europese mathematici was.



Volgens de dames Périer zou hij aanvankelijk niet van plan zijn geweest iets met zijn vondsten te doen. De Duc de Roannez zou hem toen echter hebben overgehaald deze in dienst van zijn apologetisch werk te stellen en wel op de volgende wijze: wanneer zou kunnen blijken dat geen andere wiskundige in staat was deze zelfde problemen op te lossen, zouden de atheïsten kunnen zien dat hij, Pascal, meer van wiskunde en van alles wat bewijsbaar is wist dan iemand anders en daaruit kunnen begrijpen dat wanneer hij zich in geloofszaken onderwierp, hij dit deed omdat hij precies wist hoever de mogelijkheden van het bewijzen gaan. Dit doel zou kunnen worden bereikt door het uitschrijven van een prijsvraag die - dit was natuurlijk een essentieel element van de opzet - onbeantwoord zou blijven.

Wij kunnen in het midden laten of de zaak zich precies zo heeft toegedragen; het is alleen onwaarschijnlijk dat Pascal, die niet bepaald een willoos instrument in de hand van anderen placht te zijn, zich zo gedwee naar de intenties van De Roannez zou hebben geschikt. Het staat intussen vast dat de enigszins onwaardige vertoning werkelijk is opgevoerd: in juni 1658 richtte hij onder de schuilnaam Amos Dettonville, een anagram van een vroeger pseudoniem Louis de Montalte*, een défi tot alle Europese mathematici, waarin hij hen uitdaagde voor 1 oktober van hetzelfde jaar een of meer van de

volgende problemen over het cycloïdesegment EFC dat door de kromme, de symmetrie-as van een van haar bogen en een koorde loodrecht daarop bepaald wordt: de berekening van de oppervlakte en het zwaartepunt; van de volumina der omwentelingslichamen die opvolgend door wenteling om de symmetrie-as en de koorde ontstaan; van de zwaartepunten van deze lichamen en van de helften waarin zij door een vlak door de wentelingsas worden verdeeld. Een jury onder presidium van De Carcavy zou uitspraak doen; daarna zou Dettonville zijn eigen oplossingen publiceren.

Er kwamen twee inzendingen, een van de Franse jezuïet Lalouvère en een van de Engelse anglicaanse theoloog, tevens befaamd mathematicus, John Wallis. De jury, die in feite wel uit niemand anders dan Pascal zelf zal hebben bestaan (want reeds de voorzitter De Carcavy zal wel niet tot oordelen bevoegd zijn geweest en namen van andere leden worden nooit genoemd) keurde beide inzendingen op scherpe toon af en daarna maakte Pascal bekend hoe hij de gestelde vraagstukken had opgelost. Dit geschiedde in acht verhandelingen, waarin in uiterst gecondenseerde en daardoor zeer moeilijk leesbare vorm een groot aantal algemene en bijzondere stellingen over oppervlakten, inhouden en zwaartepunten werden afgeleid, die te zamen het instrumentarium vormden met behulp waarvan de verlangde grootheden berekend konden worden; de berekening zelf werd aan de lezer overgelaten.

Men behoeft zich maar oppervlakkig in deze verhandelingen te verdiepen om dadelijk de volstrekte ondenkbaarheid in te zien dat dit alles of zelfs maar de beginselen waarop het berustte, in een enkele nacht gevonden zou zijn, terwijl een dieper gaand onderzoek het boven alle twijfel verheft dat er een periode van intensieve wiskundige arbeid vereist is geweest om dit gehele zeer zorgvuldig geconstrueerde systeem met zijn talloze verwijzingen naar reeds eerder bewezen stellingen in elkaar te zetten. Gilberte wil nog wel toegeven dat hij er, zes maanden na de kiespijnnacht, achttien dagen aan heeft gewerkt[33]; waarschijnlijker lijkt het dat deze en andere mathematische onderzoekingen hem in de jaren 1658 en 1659 in aanzienlijke mate in beslag zullen hebben genomen; een tijdgenoot verhaalt dat hij er zozeer in verdiept was, ‘ut spiritus vitales paene exhauserit’.[34*]

Er is dus werkelijk geen sprake van die complete verloochening van zijn verleden als wiskundige waaraan in de Pascal-biografiek, onverschillig of ze al dan niet jansenistisch gekleurd is, nog altijd geloofd wordt. Iets anders is natuurlijk dat zijn belangstelling in zuiver wiskundige onderzoekingen perioden van inzinking en tijdelijke uitdoving gekend heeft. Dat was ook het geval geweest in de mondaine periode, toen hij behoefte voelde zich niet langer alleen met mathematische abstracties bezig te houden, maar ook de mens,

33 Brunschvicg maior I 82, n. 1

34 Strowski I lxxxii. Over de roulette-geschiedenis, Strowski I lxxix vlg., 223 vlg. Brunschvicg maior VII-IX.

althans die species van het genus homo die men in de kringen waarin hij nu verkeerde als ‘honnête homme’ betitelde en alleen de belangstelling waard achtte, te leren kennen en toen hij in verband daarmee tijdelijk meer de ‘esprit de finesse’ dan de ‘esprit de géométrie’ cultiveerde. Maar in dezelfde periode ontstonden zijn aritmetische verhandelingen en gaven vragen van zijn vriend, de Chevalier de Méré, over het hazardspel hem aanleiding zich met waarschijnlijkheidsrekening te gaan bezighouden en, gelijktijdig met Fermat, de grondslag van deze nieuwe tak der wiskunde te leggen. Zijn tweede bekering had zijn belangstelling weer een andere richting gegeven en de wiskunde opnieuw op de achtergrond gedrongen; maar zoals de episode van de roulette leert is het ongemotiveerd te beweren dat hij haar principieel zou hebben afgezworen.

Men moet ook niet vergeten dat Pascal van de beoefening van de wis- en natuurkunde evenmin een beroep maakte als de overgrote meerderheid van de Franse geleerden der zeventiende eeuw (Roberval en Gassend, die hoogleraar aan het Collège de France waren, vormen op deze regel uitzonderingen) dat deed en dat hij dus ook niet de minste verplichting had zich met wetenschappelijke onderzoekingen te blijven bezighouden wanneer andere dingen hem meer vervulden. Na de voltooiing van zijn luchtdrukonderzoek in 1648 schijnt hij nooit meer enig experimenteel werk te hebben verricht en toen hij over dit speciale onderwerp, dat zijn belangstelling gewekt had, in zijn *Traités de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air* een bevredigende theorie ontwikkeld had, had de fysica blijkbaar voor hem afgedaan. En ook moet wel bedacht worden dat een verzwakking, ja een volkomen teloorgaan van de lust zich in zuiver mathematische problemen te verdiepen, in de geschiedenis der wetenschap allerminst een ongewoon verschijnsel is; het is vaker voorgekomen dat geleerden die met wiskundig werk hadden gedebuteerd met het klimmen der jaren tot dezelfde overtuiging zijn gekomen die Pascal in een veel geciteerde brief uit 1660 tegenover Fermat uitspreekt, dat namelijk de wiskunde weliswaar ‘le plus haut exercice de l'esprit’ is, maar dat zij slechts is ‘bonne pour faire l'essai, mais non pas l'emploi de notre force’, meer geschikt dus om er zijn krachten op te oefenen dan ze eraan te besteden.[35] Men kan dezelfde gedachte bij Huygens uitgesproken vinden[36]; zij wordt beaamd door Descartes[37]; Ampère bracht haar in praktijk toen hij de wiskunde voor de elektriciteitsleer en deze weer voor de wijsbegeerte verruilde; en zij waren waarlijk de enigen niet.

Zit er dus in het gehele geval geen enkele aanleiding tot de romantische voorstelling van de heilige die na met de wereld gebroken te hebben door de roulette verleid wordt nog eens terug te vallen in zijn oude zonden, maar die

35 Brunschvicg minor 229.
36 Huygens XIV 184.
37 Descartes I 139, II 95, 361, X 373.

dan in de prijsvraag het middel vindt om deze relapsus ten slotte toch nog tot meerdere ere Gods te laten strekken, tot nog pijnlijker conclusies aangaande de betrouwbaarheid van de gecanoniseerde Pascal-mythe komt men wanneer men zich in de onverkwikkelijke geschiedenis van de prijsvraag zelf en de beoordeling van de ingekomen antwoorden gaat verdiepen. Ik zal dat hier niet doen; de kwestie is uit-en-terna onderzocht en zelfs de meest tot hagiografie geneigde pascalisanten, voorzover ze althans niet de gehele roulette-geschiedenis negeren, kunnen er niet buiten te erkennen dat de held van hun verhaal zich hierin niet van zijn gunstige kant laat kennen.[38] Hij heeft zich in de roulette-zaak laten meeslepen door twee van de *libidines* die Jansenius zozeer verfoeide, de *libido sciendi* eerst, namelijk toen het erom ging de problemen van de cycloïde te doorgronden, de *libido excellendi* daarna, toen hij door de prijsvraag het bewijs wilde leveren dat niemand anders hem in de behandeling van dergelijke problemen evenaarde. Het ongeluk voor hem was alleen dat er in Europa wel meer mathematici waren die dergelijke vraagstukken de baas konden worden en dat het doel van de hele onderneming, namelijk hem als aller meester te tonen en daardoor de atheïsten te imponeren, gemist werd wanneer dat al te duidelijk bleek. Men blijft zich bovendien afvragen of een eenvoudige publikatie van zijn inderdaad bewonderenswaardige verhandelingen niet een meer doeltreffend middel geweest zou zijn om de wereld van zijn mathematische capaciteiten te overtuigen en voorts of het om atheïsten en deïsten te beschamen werkelijk wel nodig was om de twee inzenders van een antwoord, die toch zeker niet tot een van deze categorieën behoorden, zo onheus te bejegenen als hij gedaan heeft.

De roulette-episode moge van groot belang zijn voor het verkrijgen van een meer realistische visie op Pascals menselijke persoonlijkheid dan menige onuitstaanbaar suikerzoete en rozerode biografie geeft, van nog grotere betekenis is ze voor de beoordeling van zijn positie in de ontwikkelingsgeschiedenis der wiskunde. Het is hier niet de plaats op deze kant van de zaak in te gaan: Pascals verhandelingen zijn uit mathematisch oogpunt rijkelijk moeilijk en zouden zelfs voor een mathematisch geschoold gehoor niet dan ten koste van veel uitleg begrijpelijk te maken zijn. Geheel erover zwijgen kan ik echter ook niet, omdat het in die werken over Pascal die zijn mathematische werkzaamheid na het *Mémorial* niet negeren vaak zo wordt voorgesteld als zou hij, wanneer hij maar in de ingeslagen richting was voortgegaan, wel de schepper van de differentiaal- en integraalrekening hebben kunnen worden, waardoor Frankrijk de roem van de uitvinding daarvan niet aan Engeland en Duitsland zou hebben behoeven af te staan. Voltaire, die Pascal altijd met onbarmhartige spot en kritiek vervolgd heeft, maakt zich tot tolk van deze opvatting in de befaamde uitlating over de man ‘qui se perdit à coudre des papiers dans ses poches [een toespeling op het *Mémorial*] quand c'était l'heure

38 Michaut xlix. Giraud 147. Guardini en Truc wijden aan de gehele kwestie geen enkel woord.

de donner à la France la gloire du calcul de l'infini'.[39*]

Wat is nu aan deze voorstelling waar? Naar het mij voorkomt maar heel weinig.

Wanneer men Pascals cycloïde-onderzoek bestudeert, krijgt men dezelfde gewaarwording die men zo vaak bij de lectuur van de mathematische verhandelingen van Huygens ondergaat: het is allemaal verbazingwekkend knap, maar het is veel te moeilijk om ooit een algemeen toepasbare methode op te leveren en het is dan ook in de wiskunde niet blijven voortleven. En toen zulk een methode in de differentiaal - en integraalrekening inderdaad kwam en ook de middelmatige mathematicus in staat stelde al de vraagstukken die in de zeventiende eeuw alleen door de mathematische genieën opgelost hadden kunnen worden zonder veel moeite vrijwel machinaal de baas te worden, bleek ook dat zij helemaal niet een vereenvoudiging of verbetering van de door Pascal toegepaste werkwijze was, maar op een gans andere aanpak berustte. Men kan erover twisten of Pascal, zo hij zich langer aan wiskundig werk had kunnen blijven wijden, werkelijk aan de wereld de 'calcul de l'infini' geschonken zou hebben, maar het staat wel vast dat zijn cycloïde-onderzoek hem daartoe zeker niet zou hebben gevoerd.

II

Ik heb tot dusver getracht aan te tonen dat in de Pascal-literatuur de plaats die het wis - en natuurkundig denken in zijn leven inneemt nog veelal onderschat wordt. Onderschat wordt echter evenzeer de betekenis die dit denken, naar de bewaard gebleven fragmenten te oordelen, voor de ontworpen apologie van de christelijke godsdienst zou hebben gehad.

Het zal om dit in het licht te stellen niet nodig zijn de netelige kwestie van de vermoedelijke structuur van de apologie aan te roeren. Het is voor mijn doel voldoende vast te stellen dat het werk waarschijnlijk wel begonnen zou zijn met een betoog dat de strekking zou hebben gehad de bezwaren die atheïsten en deïsten op redelijke gronden tegen het christelijk geloof plachten aan te voeren, te weerleggen. Daarin zou naar alle waarschijnlijkheid een belangrijke plaats zijn ingeruimd aan een bewijs voor de beperktheid van de menselijke rede, voor de noodzaak waarin het redelijke denken verkeert de grenzen van zijn eigen competentie te erkennen. Dat kon niet werkzamer geschieden dan door aan te tonen dat zelfs in de meest redelijke aller wetenschappen, de wiskunde, die beperktheid gevoeld en die grenzen vastgesteld worden, dat de wiskundige, zijn denken analyserend, tot het inzicht komt dat hij nog op een andere kengrond een beroep doet dan op het discursieve, het redenerende verstand.

39 Geciteerd Chevalier (I) 144.

Die analyse vindt plaats in het fragment gebleven werkje *De l'esprit géométrique*[40], dat evenals de andere *Opuscules* in de editie Brunschvicg minor met de *Pensées* verenigd is en dat niet verward moet worden met de in de *Pensées* zelf voorkomende fragmenten over het onderscheid tussen 'l'esprit de géométrie', 'l'esprit de finesse' en 'l'esprit de justesse'. Het opusculum dat ons thans bezighoudt belooft in zijn inleidende beschouwingen eerst te zullen leren hoe men wiskundige stellingen bewijst en daarna hoe men de gevonden proposities het best tot een systeem verenigt. Merkwaardigerwijs doet het echter twee heel andere dingen: het laat eerst onder de met de gegeven belofte althans nog strokende titel *De la méthode des démonstrations géométriques* aan de hand van voorbeelden zien dat de wiskunde in laatste instantie is opgebouwd op ongedefinieerde termen en op onbewezen beweringen, om vervolgens onder de met die belofte strijdige titel *De l'art de persuader* te betogen dat de kunst van het overreden zich ten minste evenzeer tot de wil als tot het verstand moet richten; daar namelijk de mensen zich meer door hun gevoelens van lust en onlust laten leiden dan door hun rede, kan men niet volstaan met hen zuiver verstandelijk van iets te overtuigen; men moet hun de waarheid die men hun wenst in te prenten ook aangenaam maken; men moet niet alleen bewijzen, maar ook behagen. Deze psychologische opzet wordt nu echter slechts ten dele verwezenlijkt; ten dele wordt ze doorkruist door beschouwingen over bewijzen en definiëren die men eerder in de eerste afdeling verwacht zou hebben. Het oorspronkelijk aangekondigde doel van het tweede deel, de ordening van een tak der wiskunde tot een systeem, wordt weliswaar in de loop van het betoog ook nog eens opnieuw geformuleerd, maar de uitwerking breekt reeds na het derde woord af.

Beperken wij ons tot die passages uit de verhandeling waarvan zich een samenhang met de *Pensées* laat vaststellen of vermoeden, dan vinden wij dadelijk in het begin reeds een aanwijzing hoezeer Pascal, in dezen geheel overeenstemmend met Descartes, steeds, dat wil zeggen ook in tijden waarin zijn belangstelling in concrete mathematische problemen zwakker was of zelfs geheel verdween, de grootste waarde is blijven hechten aan de wiskundige denkvorm, aan de methodische denktucht die de wiskunde haar beoefenaren oplegt. De ervaring leert ons, zegt hij in een eerste redactie van de inleidende woorden, 'qu'entre esprits égaux et toutes choses pareilles celui qui a de la géométrie, l'emporte et acquiert une vigueur toute nouvelle'[41*] waarbij, evenals elders, 'géométrie' door wiskunde moet worden vertaald[42] en niet,

40 Brunschvicg minor 164-196. Bij Strowski onder de titel *De la démonstration géométrique* I 406-431.

41 Brunschvicg minor 165 n. 1.

42 Brunschvicg minor 173. Pascal zegt hier, dat de 'géométrie' uit drie delen bestaat: 'mécanique, arithmétique, géométrie, ce dernier mot appartenant au genre et à l'espèce'. 166 wordt de definitie van even getal een 'définition géométrique' genoemd.

zoals wel gebeurt, door meetkunde[43]. Wanneer hij dus in de wiskunde de essentiële beperktheid van 's mensen redelijke vermogens zal kunnen aantonen, zal het verkregen inzicht a fortiori voor alle andere wetenschappen gelden: ‘ce qui passe la géométrie nous surpasse’, dat wil zeggen wat de wiskunde op het stuk van bewijzen niet kan bereiken, gaat het menselijk bewijsvermogen helemaal te boven.

Hij formuleert nu eerst het ideaal van een opbouw der wiskunde, daarin bestaande dat men geen woord zou gebruiken zonder er eerst de betekenis van te hebben verklaard en geen stelling zou uitspreken zonder haar te bewijzen, om daarop na een uitweiding over het begrip definitie, dat hij strikt beperkt tot zijn zuiver nominale betekenis, namelijk een kortere uitdrukking ter vervanging van een langere, dadelijk de erkenning te laten volgen dat dit ideaal voor de mens onbereikbaar is en dat hij dus verkeert ‘dans une impuissance naturelle de traiter quelque science que ce soit dans un ordre absolument accompli’.* Daaruit volgt nu echter niet dat men helemaal niet tot een ordening zou kunnen komen. Wanneer men namelijk niet langer de onmogelijke eis van een ideale opbouw stelt, maar tevreden is met een methode die althans even grote zekerheid waarborgt als deze geven zou, kan men volstaan met wat de wiskunde in feite doet: zonder definitie termen aanvaarden waarvan de betekenis voor iedereen duidelijk is, maar alle andere definiëren; zonder bewijs beweringen stellen waarvan de juistheid voor iedereen boven alle twijfel verheven is, maar alle andere bewijzen. Uit een oogpunt van zekerheid blijkt de onmogelijkheid van een definitie of een bewijs zelfs eerder een perfectie dan een defect te zijn; zij is geen gevolg van onduidelijkheid of onzekerheid, maar integendeel van evidentie.

Het is niet onmogelijk dat u bij deze beschouwingen het gevoel zult hebben dat alles wel eens eerder te hebben gehoord en dan natuurlijk niet in die zin dat men ze tegenwoordig in iedere elementaire filosofie der wiskunde lezen kan, maar in de historische betekenis dat dit alles lang vóór Pascal niet alleen was ingezien en in praktijk gebracht (namelijk in iedere *stoicheiosis*, iedere *elementatio* van een tak der wiskunde),* maar ook reeds uitdrukkelijk geformuleerd. Inderdaad herkennen we in de gedachte van een wetenschap die niet zou behoeven uit te gaan van niet nader gemotiveerde uitspraken het platoonse begrip van het ἀνυπόθετον[44], terwijl de noodzaak een demonstratieve wetenschap op een grondslag van ongedefinieerde termen en onbewezen beweringen op te bouwen reeds uitvoerig in de tweede *Analytica* van Aristoteles wordt uiteengezet.[45] Het is een opmerking die men bij Pascal vaker maken kan: zijn kracht schuilt vaak niet zozeer in oorspronkelijkheid van denkbeelden als in de wijze waarop hij een reeds eerder uitgesproken gedachte formuleert en in

43 Serrurier 28 vlg.
44 Plato, *Politeia* 511B.
45 Scholz. Beth 63.

de consequentie die hij eraan verbindt.

In *De l'esprit géométrique* bestaat de getrokken conclusie hieruit dat wij de grondslagen der wiskunde te danken hebben aan een kenvermogen dat grotere, althans directere zekerheid biedt dan de discursieve rede, aan een 'lumière naturelle'. En hierbij sluit nu onmiddellijk het betoog van fragment 282 in de *Pensées* aan, waar dit 'lumière naturelle' tevens met een eigen naam, *le coeur*, benoemd wordt. *Le coeur* verschaft aan de rede haar fundamentele principes; door *le coeur* weten we dat er ruimte is, tijd, beweging, getallen, dat de ruimte drie dimensies heeft en dat er oneindig veel getallen bestaan. Op deze fundamentele inzichten, waartoe men zeker ook de axiomata der wiskunde zal moeten rekenen, al worden zij niet uitdrukkelijk genoemd, bouwt de rede nu vol vertrouwen voort, bijvoorbeeld als zij bewijst dat er geen twee vierkante getallen bestaan waarvan het ene het dubbele van het andere is. 'Le coeur sent qu'il y a trois dimensions dans l'espace, et que les nombres sont infinis; et la raison démontre ensuite qu'il n'y a point deux nombres carrés dont l'un soit double de l'autre' (282).* Stellingen worden bewezen, de principes worden gevoeld. En het zou even dwaas zijn indien de rede aan het hart om bewijzen voor zijn uitspraken vroeg, als dat het hart van de rede een gevoel voor alle bewezen stellingen verlangde.

En nu wordt de apologetische bedoeling van het gehele betoog duidelijk zichtbaar. 'La dernière démarche de la raison est de reconnaître qu'il y a une infinité de choses qui la surpassent... Que si les choses naturelles la surpassent, que dira-t-on des surnaturelles?' (267)* Als de rede, dat wil zeggen het redenerend verstand, in de zekerste van alle menselijke wetenschappen, die bij uitstek haar eigen domein schijnt te zijn, haar eigen grenzen moet erkennen doordat zij zich niet in staat moet verklaren rekenschap te geven van de grondslagen waarop zij bouwt, hoeveel te meer zal ze dat dan moeten doen waar het om het bovennatuurlijke gaat. Gelukkig zijn daarom zij, aan wie God het geloof als een 'sentiment du coeur' gegeven heeft; zij zijn volkomen legitiem overtuigd; even legitiem als alle mensen het zijn van de waarheid der wiskundige axiomata. Wie die gave mist kan weliswaar trachten haar door redenering te verwerven, maar wanneer de intuïtieve overtuiging blijft ontbreken komt men niet verder dan tot een menselijk geloof dat nutteloos is voor het heil (282). 'C'est le coeur qui sent Dieu, et non la raison. Voilà ce que c'est que la foi, Dieu sensible au coeur, non à la raison' (278). 'La foi est un don de Dieu; ne croyez pas que nous disions que c'est un don de raisonnement' (279).*

Men heeft hier nu een van de gevallen waarin de nauwe samenhang tussen het theologische denken van Pascal en de mathematische instelling van zijn geest veelal miskend wordt. Men interpreteert het veel geciteerde woord 'Le coeur a ses raisons que la raison ne connaît pas' (277)* niet zelden in de zin van

een erkenning van het irrationale, onbeheersbare, driftmatige in de mens[46], maar ziet daarbij over het hoofd dat Pascal het begrip *coeur* voornamelijk illustreert aan het voorbeeld van fundamentele mathematische inzichten. Het gaat echter moeilijk aan deze inzichten onder te brengen in het onbeheerste driftleven van de mens en Pascal op grond hiervan als een koploper van de hedendaagse irrationalisten te beschouwen. Men kan de uitspraken van *le coeur* prerationeel of suprarationeel noemen, maar zij zijn in ieder geval 'conformes à la raison'; hoe zou deze er anders de wiskunde op kunnen bouwen?

Pascal wordt dan ook niet moe te betogen hoe redelijk het van de rede is dat zij haar eigen grenzen bepaalt. 'Il n'y a rien de si conforme à la raison que ce désaveu de la raison' (272).* En, een gedachte van de heilige Augustinus in zijn eigen woorden formulerend: 'La raison ne se soumettrait jamais, si elle ne jugeait qu'il y a des occasions où elle se doit soumettre.' (270).* Daarbij vormen de overwegingen van *De l'esprit géométrique* voortdurend zijn 'pensée de derrière la tête'. Op de reeds eerder geciteerde woorden: 'Il faut savoir douter où il faut, assurer où il faut, en se soumettant où il faut' laat hij volgen: 'Qui ne fait ainsi n'entend pas la force de la raison' (268).* En wanneer iemand alles als bewijsbaar beschouwt, doet hij dit 'manque de se connaître en démonstration', dus in onwetendheid van de beschouwingen die in *De l'esprit géométrique* ontwikkeld zijn.

Men ziet, welk een grote betekenis voor de apologie dit geschrift zou hebben bezeten. Ontstaan in het jaar 1658, maakt het even wezenlijk deel uit van de toen in volle gang verkerende voorbereiding van dit werk als de in de *Pensées* verzamelde fragmenten waarin over *coeur* en *raison* gesproken wordt en die dan ook helemaal niet volledig te begrijpen zijn, als men ze uit de samenhang met de beschouwingen over de filosofie der wiskunde in *De l'esprit géométrique* losmaakt. Bovendien weerlegt het feit dat deze verhandeling juist toen geschreven werd, evenzeer als het roulette-onderzoek, de gangbare voorstelling van het in 1654 gebrachte sacrificium.

In het vervolg van het geciteerde fragment 282 constateert Pascal dat de natuur ons slechts zeer weinig coeur-inzichten gunt, zodat we toch verreweg het grootste deel van onze kennis door redenering ('raisonnement') moeten verwerven. Het ideaal zou echter zijn dat we aan redenering nooit behoefte hadden, maar alles wisten 'par instinct et par sentiment'*, dus op dezelfde onmiddellijke wijze waarop alle mensen de juistheid der wiskundige axiomata inzien en waarop enkele begenadigden God kennen. Het is wat de wiskunde aangaat de tegenstelling die Plato in zijn eveneens mathematisch geïnspireerde kentheorie tussen voûς en διάνοια maakt. Door de intrede in het lichamelijke leven van de rechtstreekse aanschouwing der idee beroofd, moet de ziel door het in de tijd verlopende discursieve denken, door het aaneenschakelen van

46 EHMD, 3e druk, 355.

gevolgtrekkingen, zich weer geleidelijk te binnen brengen wat zij eenmaal onmiddellijk, uno intuitu, geweten heeft en waarvan zij slechts een min of meer verzwakte ἀνάμνησις* heeft overgehouden. Bij herhaalde uitvoering wordt zulk een wiskundige redenering steeds gemakkelijker te overzien en te doorlopen; het is juist alsof de ἀνάμνησις steeds helderder wordt; bij grote mathematici, die hun stellingen vaak reeds lang bezitten voordat zij erin slagen het bewijs ervan te leveren is het ideegeheugen blijkbaar nog zeer sterk. Pascal heeft een soortgelijke gedachtengang: 'les propositions géométriques deviennent sentiments, car la raison rend les sentiments naturels' (95).*

Het is verleidelijk de parallel tussen Plato en Pascal verder door te trekken, de inkerkering van de onsterfelijke ziel in een stoffelijk lichaam te vergelijken met de zondeval en de uitspraken van *le coeur* dus te interpreteren als een overblijfsel van een oorspronkelijk onmiddellijk inzicht dat door de val teloor zou zijn gegaan. Echter, het uiterst fragmentarisch karakter van Pascals schriftelijke nalatenschap staat niet toe het strikte bewijs te leveren dat hij het zo bedoeld heeft. Wellicht heeft hij er zich niet uitdrukkelijk over willen uitspreken in verband met zijn overtuiging van de onvoorstelbaarheid van de status van de niet gevallen mens: 'Nous ne concevons ni l'état glorieux d'Adam, ni la nature de son péché, ni la transmission qui s'en est faite en nous. Ce sont choses qui se sont passées dans l'état d'une nature toute différente de la nôtre, et qui passent l'état de notre capacité présente' (560).*

Evenmin kunnen wij met zekerheid zeggen in hoeverre naar zijn mening het wetenschappelijk, in het bijzonder het wiskundig denkvermogen van de mens bedorven is. Er bestaat op dit punt zelfs een volstrekt meningsverschil tussen twee auteurs van recente boeken over Pascal: terwijl Laporte[47] van oordeel is dat hij de optimistische visie van Arnauld en Nicole heeft gedeeld dat de menselijke rede door de val slechts in zoverre gedepraveerd is als zij onderworpen is aan de wil en dus de invloed ondergaat van de verkeerde oriëntatie die deze heeft aangenomen, maar dat zij in onverzwakte kracht fungeert in alle wetenschappen die aan de concupiscentie onttrokken zijn en dus, als de wiskunde, een zuiver weten belangeloos nastreven, ziet Baudin[48] geen enkele aanleiding om aan te nemen dat hij het wiskundig denken zou hebben willen uitzonderen van de algemene ruïne die de val over het menselijk kennen gebracht heeft; hij meent echter dat het probleem in de *Pensées* ontweken wordt. Bij gemis aan ondubbelzinnige teksten om in dit conflict een keuze te doen is men aangewezen op algemene indrukken van de strekking van Pascals denken en deze gaan ongetwijfeld meer in de richting van de eerste opvatting. Er is geen spoor van bewijs dat Pascal ooit aan de volkomenheid van het wiskundig denken getwijfeld heeft en, hoewel hij het niet met zoveel woorden zegt, heeft men toch wel sterk het gevoel dat men niet wezenlijk van zijn

47 Laporte (2) 15 vlg.
48 Baudin I 128, n. 3

mening afwijkt als men alleen de noodzaak van het wiskundig redeneren, van de διάνοια, als een gevolg van de val ziet en alles wat wij intuïtief als onbetwijfelbaar juist inzien, dus niet alleen de betekenis der ongedefinieerde termen en de waarheid van axiomata, maar ook dat en hoe de ene bewering uit de andere volgt, als een reminiscentie aan 'l'état glorieux d'Adam'. Laporte schijnt dus te ver te gaan waar hij het belangeloze wetenschappelijke denken geheel aan de invloed van de val wil onttrekken, Baudin niet diep genoeg waar hij zegt dat Pascal de kwestie ontweken heeft. Het lijkt aannemelijk dat hij het diepe probleem van de oorsprong van de mathematische exactheid, de vraag hoe het mogelijk is dat wij een apodictische, exacte en algemene kennis bezitten (want daar gaat het in de grond van de zaak toch om) op principieel dezelfde wijze oplost als Plato dat gedaan had. Het moet daarbij in verband met zijn gebrekkige klassieke vorming wel als uitgesloten worden beschouwd dat hij van de platoonse behandeling van het probleem op de hoogte zou zijn geweest.

Dat in Pascals oog het wiskundig denken niet onttrokken is gebleven aan de werking van de val, zoals Laporte wil, wordt nog onderstreept door een beschouwing in *De l'esprit géométrique*, waarin die werking geïllustreerd wordt door het feit dat de wiskunde een zo wezenlijk gebruik maakt van de indirecte bewijsvorm, de *reductio ad absurdum*. 'C'est une maladie naturelle à l'homme [waarbij "naturelle" betekent: horend tot de "nature corrompue"] de croire qu'il possède la vérité directement... au lieu qu'en effet il ne connaît naturellement que le mensonge, et qu'il ne doit prendre pour véritables que les choses dont le contraire lui paraît faux.'[49*] Het is niet recht duidelijk hoe deze zo algemeen uitgesproken bewering te rijmen is met de volstrekte zekerheid die aan de uitspraken van *le coeur* wordt toegekend en met het feit dat de wiskunde toch niet uitsluitend uit het ongerijmde redeneert. Maar het is een feit dat Pascal hier een kenmerkende eigenschap van het wiskundig denken aanwijst die speciaal bij het bewijs van diepliggende fundamentele stellingen optreedt en die vooral in de systematisering van de Griekse wiskunde zoals wij die bij Euclides vinden, en in de daarop gebaseerde, door Eudoxos ingevoerde en door Archimedes tot de hoogste graad van virtuositeit ontwikkelde indirecte methode ter behandeling van oneindige processen, een wezenlijke functie vervult.

Pascal licht zelf de gemaakte opmerking toe in een betoog over het bestaan van de twee oneindigheden, het oneindig grote en het oneindig kleine, dat in niet mindere mate dan het onderscheid van *coeur* en *raison* geroepen was een belangrijk element van de apologie te worden.[50]

Het apologetisch gebruik van het oneindige berust voornamelijk op de combinatie van de door *reductio ad absurdum* blijkende onbetwijfelbaarheid

49 Brunschvicg minor 176.
50 Brunschvicg minor 178.

van het bestaan ervan en ons onvermogen er de aard van te leren kennen, welk inzicht een illustratie vormt van de algemene stelling, ‘qu'on peut bien connaître l'existence d'une chose, sans connaître sa nature’ (233),* meer bekend in de formulering ‘Tout ce qui est incompréhensible ne laisse pas d'être’ (430),* die het inzicht trouwens aanmerkelijk minder duidelijk uitdrukt; de bedoeling is natuurlijk niet dat onbegrijpelijkheid een waarborg of voldoende voorwaarde voor bestaan zou zijn, maar alleen dat het bestaan er niet door wordt uitgesloten.

Wat nu met deze algemene stelling voor de apologie beoogd wordt, blijkt uit hetzelfde fragment 233: ‘Ainsi on peut bien connaître qu'il y a un Dieu sans savoir ce qu'il est.’* Men kan uit de onkenbaarheid van Gods wezen niet tot zijn niet-bestaan besluiten. Pascal geeft hierbij nog een toelichting die, hoewel voor het trekken van de conclusie niet vereist, zijn gedachtengang nog verheldert.

> Nous connaissons donc l'existence et la nature du fini, parce que nous sommes finis et étendus comme lui. Nous connaissons l'existence de l'infini et ignorons sa nature, parce qu'il a étendue comme nous, mais non pas des bornes comme nous. Mais nous ne connaissons ni l'existence ni la nature de Dieu, parce qu'il a ni étendue ni bornes. Mais par la foi nous connaissons son existence; par la gloire nous connaîtrons sa nature.*

De wiskundige kant van dit betoog is natuurlijk niet onaanvechtbaar en ze is dan ook reeds in Pascals eigen tijd niet onweersproken gebleven. Christiaan Huygens, die zich in zijn particuliere aantekeningen ook wel eens in filosofische beschouwingen begaf, vraagt naar aanleiding van een gelijkluidende opmerking van Descartes, wat het eigenlijk betekent dat de mens eindig is[51]; wordt hiermee de eindigheid van zijn lichaam bedoeld, dan is niet duidelijk wat daaruit omtrent zijn denken zou kunnen volgen; als het echter de bedoeling is uit te spreken dat zijn ziel of zijn denkvermogen eindig is, dan kan dit niets anders beduiden dan dat zij het oneindige niet kan begrijpen, waardoor het een tautologie wordt te zeggen dat we wegens onze eindigheid de aard van het oneindige niet kunnen kennen.

Nu bedoelt Pascal het waarschijnlijk wel anders: hij wil zeggen dat wij ons wel door het denken kunnen overtuigen van de onbegrensde deelbaarheid van een lijnstuk of van de onbegrensde voortzetbaarheid van de rij der natuurlijke getallen, maar dat wij ons de deling niet voltooid en de getallenrij niet af kunnen voorstellen. Maar dan komt de gehele redenering eenvoudig neer op de bewering dat het potentieel oneindige wel, maar het actueel oneindige niet intelligibel is, hetgeen ten eerste voor alle volgelingen van Aristoteles (die als

51 Huygens XXI 341.

voorbeelden de dag noemt en de Olympische spelen[52]) een *bonum commune* was en ten tweede niet de conclusie wettigt die eruit getrokken wordt, namelijk dat iets wel kan bestaan, hoewel het onbegrijpelijk is; immers het bestaan wordt nu van iets anders geprediceerd dan de onbegrijpelijkheid.

Het valt bovendien op dat de term 'incompréhensible' niet steeds in dezelfde zin gebruikt wordt. In het geval van de onbegrensd voortgezette deling van een lijnstuk drukt zij eenvoudig uit dat het uiteraard onmogelijk is een niet aflopende deling afgelopen te denken. Bij de onbegrensde getallenrij moet zij echter zo worden verstaan dat deze een logische contradictie zou impliceren. Bij een eindige rij van getallen 1, 2, 3 ... *n* is het namelijk zo dat het laatst neergeschreven getal tevens het aantal der beschouwde getallen uitdrukt of omgekeerd, dat de neergeschreven getallen samen een getal (dat hun aantal uitdrukt) bepalen. Pascal wil nu op dezelfde manier ook de oneindige getallenrij een getal laten bepalen, maar constateert dan dat dit getal evenmin even als oneven kan zijn omdat het door toevoeging van een eenheid niet van aard verandert (233). Een soortgelijke paradox was ook al door Galilei aangewezen toen hij namelijk opmerkte dat er enerzijds evenveel vierkante getallen moeten bestaan als getallen (ieder getal heeft immers een kwadraat), maar anderzijds ook weer veel minder (want lang niet ieder getal is een vierkant getal).[53] Hij had dat echter niet als een onbegrijpelijkheid gesignaleerd, maar eenvoudig opgemerkt dat de begrippen groter en kleiner blijkbaar op oneindige verzamelingen niet zonder wijziging van toepassing zijn; ditzelfde geldt natuurlijk voor even en oneven. Bij Pascal zit echter de opzet voor de ontoereikendheid van het redelijk denken ten aanzien van het oneindige te demonstreren; daarom laat hij het bij het constateren van een contradictie, waarbij wij in het midden moeten laten in hoeverre hij zelf de ware toedracht van de zaak heeft doorzien.

Beschouwingen over de twee oneindigheden vormen de stof voor wat wellicht de meest gelezen en geciteerde passage uit de *Pensées* vormt, het fragment 72, dat de titel *Disproportion de l'homme* draagt en waarin de mens geschilderd wordt als zijnde 'un néant à l'égard de l'infini, un tout à l'égard du néant, un milieu entre rien et tout',* en waarin hem deze tussenpositie met al haar consequenties in een waarlijk indrukwekkend antithetisch betoog voor ogen wordt gevoerd.

Het meest opmerkelijke in dit betoog is wel de onbekommerdheid waarmee oneindigheidsbeschouwingen die aan de wiskunde ontleend zijn op de natuur worden toegepast. Terwijl Pascal zoals wij nog zullen zien nog aarzelt het wereldstelsel van Copernicus te aanvaarden, vindt hij, in dezen veel verder gaande dan Copernicus zelf en Bruno in stoutheid van fantasie evenarend, in de oneindigheid van de meetkundige ruimte reeds een voldoende grond voor

52 Aristoteles, *Physica* III 6; 206a.
53 Galilei, *Discorsi*, Giornata I.

de overtuiging van een kosmologische oneindigheid. Omdat een lijnstuk onbegrensd deelbaar is, geeft hij aan het nog pas sedert kort door de microscoop onthulde bestaan van het microbiologische, zonder een spoor van de empirische verificatie waarop hij anders zo gesteld is, reeds een zodanige uitbreiding dat hij in ieder levend wezen een oneindige opvolging van steeds kleiner wordende organische werelden aanneemt. Waar hij zich echter enerzijds door de wiskunde laat inspireren, laat hij anderzijds haar leiding los, namelijk waar hij zonder meer het onbegrensd afnemende met het niets en het onbegrensd toenemende met het al identificeert. Elders blijkt hij echter weer heel goed te beseffen dat bij voortdurende halvering van een lijnstuk toch altijd weer lijnstukken te voorschijn komen en dat de deling nooit tot punten, dus tot delen zonder lengte, voert. Er heeft zo een voortdurende verwisseling van het mathematische met het fysische oneindige en van het potentiële met het actuele plaats, die, eenmaal doorzien, de overtuigingskracht van zijn met het begrip oneindig opererende argumenten wel heel sterk vermindert.

Een typerend voorbeeld van de eerste verwarring vormt zijn controverse over de deelbaarheid met zijn mondaine vriend, de Chevalier de Méré. Deze betoogt hem in een uitvoerige, bijzonder weinig eerbiedige brief[54] (er blijkt zo weinig respect voor Pascals inzichten uit dat men zelfs gemeend heeft dat we hier met een eerst na zijn dood geconstrueerde falsificatie te doen hebben), dat hij er geen woord van gelooft dat zich in het honderdduizendste deel van een papaverzaadje nog weer hele werelden zouden bevinden met dezelfde grootteverhoudingen als de onze, dat daarin op kleinere schaal ook weer mensen zouden leven en dat zich in hun samenleving ook weer allerlei politieke en militaire gebeurtenissen zouden afspelen. Naar aanleiding van zijn beschouwingen schrijft Pascal aan Fermat: ‘Il a très bon esprit, mais il n'est pas géomètre; c'est, comme vous savez, un grand défaut, et même il ne comprend pas qu'une ligne mathématique soit divisible à l'infini et croit fort bien entendre qu'elle est composée de points en nombre fini.’[55*] Nu is het natuurlijk lang niet onmogelijk dat Méré dit inderdaad niet begrepen heeft en dat hij in de lekenfout is vervallen te menen dat wanneer men maar steeds bezig blijft een lijnstuk te halveren, er op den duur punten te voorschijn zullen komen. Maar in zijn brief heeft hij het niet over een lijnstuk maar over een papaverzaadje en zou hij het over een insektenpoot hebben gehad, als hij fragment 72 al had kunnen kennen; daarop echter heeft Pascals mathematisch betoog geen vat.

Een geval waarin een onbekommerd gebruik van het actueel oneindige aanleiding tot kritiek geeft, vindt men in de veelbesproken pari, de weddenschap over het bestaan van God, in fragment 233. De apologeet betoogt hierin tegen een ongelovige dat deze alleen al om redenen van opportuniteit ver-

54 Brunschvicg minor 176, n.1.
55 Brunschvicg minor 176, n.1.

standig zal doen zijn leven zo in te richten dat hij met God en het hiernamaals rekening houdt. Hij heeft dan namelijk een kans op een oneindig groot goed; de mathematische verwachting, dat is het produkt van kans en te winnen prijs, is daardoor altijd oneindig groot, onverschillig hoe klein de kans is; zij overtreft dus zeker het genot dat hij van voortzetting van zijn leven in onverschilligheid voor zijn eeuwig heil kan hopen te verwerven. Geheel afgezien van de andere bezwaren die tegen deze kwantificering van levensgeluk en zieleheil zijn aan te voeren, mislukt deze redenering reeds hierdoor dat men niet volgens de gewone rekenregels met een oneindig groot getal kan omgaan. Men kan een produkt van twee veranderlijke grootheden beschouwen, waarvan de ene tot oneindig nadert, maar wanneer dan de andere gelijktijdig tot nul nadert, weet men nog niet wat het produkt doet.

Interessanter dan het mathematisch aspect van de pari is het antropologische. Op de tegenwerping dat de erkenning van de opportuniteit van geloof toch nog geen geloof is, antwoordt Pascal dat hij ook niet bedoeld heeft dat te beweren. Het geloof blijft een gave Gods, maar de mens kan zichzelf voor de ontvangst van die gave predisponeren en hij doet dat onder meer door zich maar vast de gewoonten van het geloofsleven formeel eigen te maken. Hierdoor wordt namelijk de automaat, de machine, die hij in zijn lichamelijk wezen is, reeds geoefend in, gedresseerd op de bewegingen die zij zal moeten kunnen uitvoeren wanneer het geloof werkelijk gekomen zal zijn. Men ziet welk een goed cartesiaan Pascal van tijd tot tijd ook in het metafysische is; hij stemt geheel met Descartes in waar het de opvatting van de dieren als machines betreft; hij maakt er hier eenvoudig een toepassing van op de dierlijke natuur van de mens en hij kan daardoor zijn raad maar vast te beginnen met wijwater te nemen, missen te laten lezen enzovoorts besluiten met de verzekering die Port-Royal in haar editie van de *Pensées* niet heeft durven opnemen en die later talloze lezers zozeer gechoqueerd heeft: ‘Naturellement cela vous fera croire et vous abêtira.’* Wat echter niets anders betekent dan: dat zal u de handelingen die bij het geloofsleven passen automatisch doen verrichten, zal ze u tot een gewoonte maken die tot een tweede natuur wordt. In dezelfde zin wordt over ‘la machine’ gesproken in 247, waar wordt overwogen hoe men een twijfelende, maar zoekende vriend moet opwekken het zoeken niet op te geven. Hij zal op zeker ogenblik zeggen dat volgens de geloofsleer zelf het feit dat hij zoekt hem niet helpen kan en dat hij het daarom maar liever opgeeft. ‘Et à cela lui répondre: La machine.’*

Konden in de tot dusver besproken gevallen tegen Pascals oneindigheidsbeschouwingen van mathematisch standpunt uit nogal enige bezwaren worden aangevoerd, zo is er een ander en wel een voor het systeem der apologie eveneens essentieel onderwerp waarbij zij volkomen correct zijn en het betoog op de meest werkzame wijze illustreren. Ik bedoel het bekende pascaliaanse leerstuk van de ‘ordres’, de verschillende orden van waarden, waarvan de ene telkens oneindig hoog boven de andere verheven is. Het is een

conceptie die hem al vroeg heeft beziggehouden. In de merkwaardig vrijmoedige brief die hij in 1652 ter begeleiding van een exemplaar van zijn rekenmachine aan Christina van Zweden schrijft[56], onderscheidt hij het rijk van de wereldlijke macht, waarin een vorst het recht heeft onderdanen te bevelen, van het ver daarboven verheven rijk van de geestelijke macht, waarin het superieure intellect lagere geesten overreedt en hij laat er niet de minste twijfel over bestaan dat hij zijn adressante alleen daarom hoogacht omdat zij ook aan dat tweede rijk deel heeft. In de *Pensées* komt dit denkbeeld op meer dan een plaats op verschillende wijzen uitgebreid terug. De belangrijkste toepassing vindt het wel in het grote fragment 793, waar naast de 'ordre du corps' en de 'ordre de l'esprit' die van 'la charité' (ook wel 'sagesse') onderscheiden wordt. Tot de eerste, de 'ordre du corps', behoren de rijken, de koningen, de groten van de wereld; dezen hebben geen oog voor de grootheid van de geest, die de 'ordre de l'esprit' vormt, maar evenzo zien de intellectuele genieën die daarin thuishoren en waarvan Archimedes als representant genoemd wordt, niet de grootheid in van de wijsheid van de derde orde die de liefde is. Omgekeerd hebben de genieën van het tweede rijk geen behoefte aan de goederen van de eerste wereld en de heiligen van het derde niet aan de intellectuele waarden van het tweede.

> Tous les corps, le firmament, les étoiles, la terre et ses royaumes ne valent pas le moindre des esprits; car il connaît tout cela en soi; et les corps, rien. Tous les corps ensemble, et tous les esprits ensemble et toutes leurs productions, ne valent pas le moindre mouvement de charité; car cela est d'un ordre infiniment plus élevé.*

In het fragment waaraan ik deze woorden ontleen wordt geen uitdrukkelijk beroep op een wiskundige gedachtengang gedaan. Wie echter wat Sainte-Beuve[57] de 'deux langues de Pascal' noemt - de taal van de filosoof en theoloog en die van de mathematicus - verstaat, hoort er onmiddellijk de weerklank in van zekere met voorliefde toegepaste en met nadruk uitgesproken mathematische beschouwingswijzen die de heterogeniteit van verschillende grootte-orden betreffen. Ik zou te diep in wiskundige aangelegenheden moeten doordringen om dit volkomen te verduidelijken en beperk me dus tot een toelichting die slechts elementaire mathematische kennis vereist.

Onder de triangulaire som van een aantal grootheden a_1, ... a_n verstaat Pascal[58] de vorm

$$T\sum a_i = 1 \cdot a_1 + 2 \cdot a_2 \ldots + n \cdot a_n$$

56 Brunschvicg minor III.
57 Sainte-Beuve III 317, n. 1.
58 Strowski I 277. Brunschvicg maior VIII 365.

onder de pyramidale som de vorm

$$P\sum a_i = 1 \cdot a_1 + (1 + 2)a_2 + (1 + 2 + 3)a_3 \ldots + (1 + 2 + 3 \ldots + n)a_n$$

Tussen beide bestaat de betrekking

$$2 \cdot P\sum a_i - T\sum a_i = 1^2 \cdot a_1 + 2^2 \cdot a_2 \ldots + n^2 \cdot a_n$$

Nu nadert de verhouding

$$1 \cdot a_1 + 2 \cdot a_2 + \ldots + n \cdot a_n / 1^2 \cdot a_1 + 2^2 \cdot a_2 + \ldots + n^2 \cdot a_n$$

bij onbepaald toenemende n tot o, zodat $T\sum$ van een lagere orde van grootte blijkt te zijn dan het tweede lid en dus ten opzichte daarvan of van $P\sum$ verwaarloosd kan worden. Zij is van een andere dimensie, zij is, met de pyramidale som vergeleken, wat een punt is ten opzichte van een lijn, een lijn ten opzichte van een vlak, een vlak ten opzichte van een lichaam of, ten slotte, een eindig ding ten opzichte van het oneindige. En hieraan sluit nu fragment 233 onmiddellijk aan: ‘L'unité jointe à l'infini ne l'augmente de rien ... Le fini s'anéantit en présence de l'infini, et devient un pur néant. Ainsi notre esprit devant Dieu; ainsi notre justice devant la justice divine. Il n'y a pas si grande disproportion entre notre justice et celle de Dieu qu'entre l'unité et l'infini.’*

Pascal wil hier kennelijk alle al te vakwetenschappelijke termen vermijden, maar zeker heeft hij bij zichzelf gedacht aan het voorbeeld: ‘La somme triangulaire s'anéantit en présence de la somme pyramidale et devient un pur néant.’*

U ziet telkens weer hoe dicht in Pascals denken het mathematische en het theologische bij elkaar liggen en hoe gemotiveerd de verwachting is dat in de apologie aan mathematische argumenten een belangrijke plaats zou zijn ingeruimd. Hierdoor is echter de aard van het verband tussen de beide gedachtenwerelden en daarmee het motief voor de apologetische toepassing ervan nog niet afdoende verduidelijkt. Gaat het slechts om analogieën en maakte Pascal alleen daarom gebruik van mathematische beschouwingen omdat hij hoopte daarmee in de kring waartoe hij zich voornamelijk wilde richten de sterkste uitwerking te bereiken, of bestaat er een dieper liggende samenhang en in verband daarmee een voor hem zelf wezenlijke beweeggrond zich van mathematische gedachtengangen te bedienen? Ik meen dat dit laatste het geval is; niet alleen op de negatieve grond dat zoals we reeds zagen personen als Méré, die men zich met Miton en andere libertijnen het best in Pascals vaak zeer agressieve beschouwingen toegesproken kan denken, juist allerminst vatbaar waren voor wiskundige overwegingen; maar vooral om deze zeer positieve reden dat de mogelijkheid de wiskunde dienstbaar te maken aan de theologie en de kennelijke voorliefde dit ook te doen, slechts een voorbeeld vormt van een algemene overtuiging die hij in zijn leer der ‘signes’ of ‘figures’ uitspreekt. Wat deze inhoudt wordt duidelijk gezegd in de brief die

hij in april 1648 samen met Jacqueline aan Gilberte schrijft[59]: ‘Les choses corporelles’, heet het daar, ‘ne sont qu'une image des spirituelles et Dieu a representé les choses invisibles dans les visibles. Cette pensée est si générale et si utile, qu'on ne doit point laisser passer un espace notable de temps sans y songer avec attention.’* En in een brief van 1658 aan Mademoiselle de Roannez wordt dit nog eens kort samengevat in de woorden: ‘toutes choses sont des voiles qui couvrent Dieu’.*[60]

Zoals bekend is, vindt deze gedachte in de *Pensées* overvloedige toepassing waar het om de onderscheiding tussen de letterlijke en de spirituele zin van het Oude Testament gaat. Maar zij wordt in niet mindere mate geïllustreerd door de beschouwing van de schepping als beeld van de Schepper en van concrete fysische en mathematische feiten als beeld van de natuur. ‘Quand on est instruit,’ luidt het in het fragment *Disproportion de l'homme* (72) ‘on comprend que la nature ayant gravé son image et celle de son auteur dans toutes choses, elles tiennent presque toutes de sa double infinité’,* wat dan wordt toegelicht aan de oneindige uitgebreidheid van de onderzoekingen der wiskunde en de oneindige veelheid van haar grondslagen. En hiermee hangt nu ook zijn grondovertuiging van de innerlijke samenhang van alle wetenschappen samen, ‘la liaison admirable par laquelle la nature amante d'unité fait un seul corps des choses qui semblent les plus éloignées’.[61*] Wij zien dan ook Pascal soms midden in zijn mathematisch werk reeds vooruitdenken aan de wijze waarop hij de gevolgde gedachtengang spiritueel bruikbaar zal kunnen maken, zoals wanneer hij een oneindigheidsbeschouwing in *De l'esprit géométrique* beëindigt met de opmerking: ‘sur quoi on peut apprendre à s'estimer à son juste prix et former des réflexions qui valent mieux que tout le reste de la géométrie même’.[62*]

III

Ik heb tot dusver voornamelijk gesproken over de betekenis die het wiskundig denken van Pascal voor zijn apologie bezeten zou hebben en die er daardoor voor het volledig begrip van de *Pensées* aan toekomt. Voor zijn werk als fysicus geldt hetzelfde, al zijn de plaatsen waar men zijn fysische onderzoekingen voor de interpretatie nodig heeft geringer in aantal dan die waarin mathematische gedachten verwerkt zijn. Soms treden zij tamelijk onopvallend op, zoals in fragment 2, dat de onderscheiding tussen de ‘esprit de

59 Brunschvicg minor 88.
60 Brunschvicg minor 215.
61 Brunschvicg maior III 367, waar ook weer sprake is van verschillende orden van grootte, in de rekenkunde zowel als in de meetkunde.
62 Brunschvicg minor 184.

justesse' en de 'esprit de géométrie' in engere zin behandelt (beide vallende onder de 'esprit de géométrie' in ruimere zin, die in fragment 1 tegenover de 'esprit de finesse' gesteld wordt). Hier wordt als voorbeeld van 'esprit de justesse' het geval genoemd van iemand die goed 'les effets de l'eau' begrijpt, 'en quoi il y a peu de principes'. Met deze enkele woorden wordt de systematisering van de hydrostatica aangeduid, die het onderwerp vormt van het *Traité de l'équilibre des liqueurs*[63] en die inderdaad op een enkel principe, tegenwoordig als wet van Pascal bekend staande, berust.

Andere fragmenten handelen uitdrukkelijk over natuurwetenschappelijke vragen als zodanig, zoals fragment 76-79, die op de cartesiaanse kosmologie betrekking hebben. De hierin ontwikkelde gedachten zouden ongetwijfeld in de apologie nader zijn uitgewerkt; hun strekking is echter reeds volkomen duidelijk. 'Il faut dire en gros: cela se fait par figure et mouvement',* dat wil zeggen men moet in beginsel de mechanistische natuurverklaring aanvaarden, waarin alle verschijnselen verklaard worden met behulp van vorm en bewegingstoestand van corpuscula. 'Mais de dire lesquels et composer la machine, cela est ridicule. Car cela est inutile, et incertain et pénible.' (79)* Dat wil zeggen het heeft geen zin het aanvaarde verklaringsbeginsel in details uit te werken en op alle mogelijke conerete verschijnselen toe te passen.

Pascal spreekt hier zijn tegenzin uit tegen de onuitputtelijke fantasie waarmee Descartes telkens maar weer nieuwe materievormen en nieuwe bewegingen verzint, tegen de gehele 'roman de la nature' die de zeventiende-eeuwse fysici zo bekoord heeft. 'Ecrire contre ceux, qui approfondissent trop les sciences; Descartes',* noteert hij in fragment 76.

In deze fragmenten komt de uiterst strenge opvatting van empirische natuurwetenschap tot uiting die hemzelf bij zijn onderzoek der luchtdrukverschijnselen geleid heeft en waarvan hij in een brief aan de jezuïet Noël, die eigenlijk tegen Descartes gericht is, een systematische uiteenzetting geeft.[64] Zij berust op de overweging dat een natuurwetenschappelijke hypothese slechts dan als bewezen aanvaard kan worden wanneer men uit haar ontkenning een logische contradictie kan afleiden; het is niet voldoende dat men er de waargenomen verschijnselen die tot haar opstelling aanleiding gaven mee verklaren kan. Dat is een heel strenge, men mag wel zeggen een onmogelijk strenge eis, waaraan de fysica nooit dan zeer ten dele heeft kunnen voldoen. Dat hij hem stelde, behoeft ons na wat wij hem over het indirecte bewijs in de wiskunde hebben horen zeggen niet te verwonderen; ook in physicis kent de mens van nature slechts de leugen. In de praktijk van zijn werk als fysicus bleek de natuur echter sterker dan de leer. Want hier past hij een heel ander criterium toe om de houdbaarheid van een hypothese te beoordelen, het enige dat bruikbaar zou blijken en dat de fysica voortaan onbetwist zou beheersen,

63 Brunschvicg maior III 156-192. Strowski I 73-92.
64 Brunschvicg maior II 90-106.

namelijk de empirische verifieerbaarheid van de consequenties waartoe de hypothese leidt.

Zolang deze empirische verificatie niet heeft plaatsgehad, weigert hij in een natuurwetenschappelijke theorie, hoe aannemelijk zij ook lijken moge, iets meer te zien dan ‘une vision’, ‘une caprice’, ‘une fantaisie’, op zijn best ‘une belle idée’, die wij eer geneigd moeten zijn te ontkennen dan te bevestigen, echter met dien verstande dat wij voortdurend innerlijk bereid moeten blijven tot aanvaarding over te gaan wanneer er een evident bewijs (en dat wil praktisch zeggen een empirische verificatie) voor geleverd wordt.[65]

Het wordt hierdoor ook begrijpelijk waarom Pascal zulk een uiterst gereserveerde houding ten aanzien van het stelsel van Copernicus aanneemt. In het reeds geciteerde fragment *Disproportion de l'homme* (72), laat hij de zon om de aarde draaien; elders raadt hij aan ‘qu'on n'approfondisse pas l'opinion de Copernic’ (218). De zogenaamde bewijzen die Galilei voor Copernicus had aangevoerd waren blijkbaar niet voldoende geweest ook hem te overtuigen; daardoor blijven in zijn oog de stelsels van Ptolemaeus, Copernicus en Tycho onderling gelijkwaardige hypothesen. Het past nu echter geheel in deze gedachtengang dat hij fel opkomt tegen de bestrijding die het stelsel van Copernicus van de zijde der kerkelijke overheid had ondervonden en die op een vindicatie van de ptolemaeïsche opvatting was neergekomen. Meer vooruitziend dan de qualificatores van het Heilig Officie overweegt hij de mogelijkheid dat er nog eens empirische bewijzen voor de heliocentrische leer zullen kunnen worden gevonden en beseft hij de pijnlijke situatie waarin het kerkelijk gezag dan gebracht zal worden. Vandaar de woorden die hij in de achttiende *Provinciale* zijn tegenstanders, de jezuïeten, in het gezicht slingert: ‘Ce fut ... en vain que vous obtîntes contre Galilée ce décret de Rome qui condamnait son opinion touchant le mouvement de la terre. Ce ne sera pas cela qui prouvera qu'elle demeure en repos; et si l'on avait des observations constantes qui prouvassent que c'est elle qui tourne, tous les hommes ensemble ne l'empêcheraient pas de tourner et ne s'empêcheraient pas de tourner aussi avec elle.’*

Belangrijker nog, althans voor het doel dat wij nu vervolgen, dan het verworven inzicht in de motieven die zijn houding ten aanzien van de natuurwetenschap van zijn tijd bepalen, is het kennis te nemen van zijn merkwaardige beschouwingen over overeenstemming en verschil tussen fysica en theologie, die zeer waarschijnlijk in de apologie nader uitgewerkt en met apologetische bedoelingen gebruikt zouden zijn. Hij spreekt zich hierover vooral uit in het *Fragment d'un traité du vide*[66], een schets voor een voorrede van een ontworpen werk over de vraag naar de mogelijkheid van een vacuüm.

De overeenstemming bestaat naar zijn mening hierin dat fysica en theologie

65 Brunschvicg maior II 91-92.
66 Brunschvicg minor 74-83.

beide feiten wetenschappen zijn, de eerste gebaseerd op de ervaring, de tweede op de openbaring; het verschil daarin dat de kennis der natuur door het werk van opvolgende generaties die telkens voortbouwen op de resultaten van hun voorgangers voortdurend aangroeit en dat de rede bevoegd is erover te oordelen, terwijl de kennis der heilsfeiten die eenmaal in het verleden zijn voorgevallen berust op overlevering en autoriteit waartegen de rede zich niet mag verzetten, hoezeer haar uitspraken het redelijk denken ook schokken. De fysica is een cumulatieve, progressieve werkzaamheid, die '*la raison*' tot instrument heeft; in de theologie, die op '*la mémoire*' berust, gaat het om het in stand houden van de niet meer voor verandering vatbare kennis van bepaalde historische feiten.

Het is nu zijn grote grief tegen zijn eigen tijd dat men deze onderscheiden hoe langer hoe meer uit het oog begint te verliezen, dat men zich in de fysica op autoriteit en in de theologie op de rede wil beroepen. Hij heeft het zelf ervaren: in hetzelfde jaar van zijn leven waarin hij met de jezuïet Noël in een felle polemiek over de verklaring van de luchtdrukverschijnselen gewikkeld was en hij de pater hartstochtelijk bezwoer zich toch niet langer op de meningen van oude auteurs te beroepen maar zich onbevangen open te stellen voor wat het experiment onweerlegbaar aan het licht bracht, lokte hij in jeugdige geloofsijver disciplinaire kerkelijke maatregelen uit tegen de ex-capucijn Jacques Forton, die het ondernomen had in zijn *Traité de l'alliance de la foi et du raisonnement* alle geloofswaarheden in een redelijk systeem te verenigen.[67] Pascal ziet in dit alles een schrikkelijke verwarring van categorieën, een bedenkelijk uitwissen van essentiële verschillen.

De geschetste opvatting toont haar uitwerking naar twee kanten: in de theologie door een volstrekte verwerping, niet alleen natuurlijk van alle pelagianisme,* maar ook van de medewerking die het redelijk denken volgens de thomistische opvatting bij het verwerven van inzicht in een deel der geloofswaarheden geven kan. Hij zou in zijn apologie zeker geen belangrijke plaats aan de traditionele metafysische godsbewijzen hebben ingeruimd. In fragment 244 verwerpt hij in een gefingeerde dialoog zelfs uitdrukkelijk het fysico-teleologische bewijs. 'Eh quoi,' laat hij iemand zeggen, 'ne dites-vous pas vous-même, que le ciel et les oiseaux prouvent Dieu? Non. Et votre religion ne le dit-elle pas? Non.'* In fragment 243 noemt hij het 'une chose admirable que jamais auteur canonique ne s'est servi de la nature pour prouver Dieu'.* Zij hebben, voegt hij er misschien wel met een toespeling op een argument dat Grotius in zijn *De veritate religionis christianae* gebruikt[68] aan

67 Hierover nader Strowski I xxvi vlg.

68 De Groot II:
Het water is gewoon te dalen t'allen tijden
Nochtans soo klimt het op om d'ydelheyd te mijden,
Die 't al ontschikken sou 't welk sich moet houden vast
Gelijk als een verwulft dat op malkander past.

toe, nooit gezegd: 'il n'y a point de vide, donc il y a un Dieu.'*

Tegenover deze geheel consequente opvatting in theologicis staat niet een even streng doorgevoerd standpunt in physicis. Wel verwerpt hij beslist alle beroep op autoriteit, dat in de scholastieke fysica zulk een belangrijke plaats had ingenomen en komt hij op tegen de te grote verering voor de meningen van klassieke auteurs. Hij doet dit vooral in het reeds geciteerde *Fragment d'un traité du vide* en wel in enkele van die als het ware voor de eeuwigheid geformuleerde zinnen waarvan hij het geheim bezat: 'Toute la suite des hommes, pendant le cours de tant de siècles, doit être considérée comme un seul homme qui subsiste toujours et qui apprend continuellement.' En 'ceux que nous appellons anciens étaient véritablement nouveaux en toutes choses et formaient l'enfance des hommes proprement'. En het allerkortst: 'Quand nous citons les autheurs, nous citons leurs démonstrations et non pas leurs noms.'[69*]

Aan de andere kant komt het respect voor autoriteit en traditie dat zijn theologisch denken geheel beheerst in zijn werk als fysicus toch nog duidelijker tot uiting dan men bij het lezen van zijn felle invectieven tegen de scholastieke fysica voor mogelijk zou hebben gehouden. Hij houdt zo lang mogelijk vast aan de traditionele voorstellingen en theorieën en bedient zich daarom ook bijvoorbeeld in zijn pneumatische onderzoekingen zolang het enigszins kan van de middeleeuwse theorie van de *horror vacui*; eerst wanneer de feiten hem er onweerstaanbaar toe dwingen, vindt hij de moed haar te verwerpen en te bestrijden.[70] En hij strekt zijn bereidwilligheid om op autoriteit te vertrouwen zelfs uit tot gevallen waarin de historische feiten waarvan aanvaarding op gezag verlangd wordt bestaan uit natuurkundige waarnemingen.[71] Tegenover alles wat historische mededeling over niet reproduceerbare feiten is zwijgt zijn anders zo scherp functionerend kritisch oordeel in de fysica evengoed als in de theologie.

Pascals denkbeelden over de fundamentele positie van het experiment in de fysica hebben voor zijn apologetisch streven dezelfde betekenis als de boven besproken opvattingen over de grondslagen van de wiskunde. Beide leiden ze tot de conclusie dat de rede niet over alles kan oordelen maar zich op een bepaald ogenblik zonder meer heeft te onderwerpen, in de wiskunde aan een uitspraak van *le coeur*, in de natuurwetenschap aan een empirisch vastgesteld feit. Wij kunnen niet door redenering uitmaken of een vacuüm al dan niet mogelijk is en wie dat als Descartes toch doet en dan tot onmogelijkheid besluit zal niettemin gedwongen zijn het bestaan ervan te erkennen wanneer een onbetwistbaar experiment (in Pascals oog de proef van Torricelli) het hem voor ogen voert. Opnieuw dus een 'désaveu de la raison', maar weer 'con-

69 Opv. Brunschvicg minor 80, 81. Brunschvicg maior II 139, 141 en II 97.
70 Brunschvicg maior II 371. Strowski I 59.
71 Brunschvicg maior II 97.

forme à la raison'. De rede onderwerpt zich omdat zij inziet dat zij zich onderwerpen moet. Dezelfde houding past haar nu echter tegenover de historisch gewaarborgde feiten der openbaring: 'pour donner la certitude entière des matières les plus incompréhensibles à la raison, il suffit de les faire voir dans les livres sacrés'.[72*] De competentie van de rede (in de engere zin van 'raisonnement', διάνοια, niet in de wijdere die de zintuiglijke ervaring mede omvat) vindt haar grenzen in de wiskunde bij de uitspraken van *le coeur*, in de natuurwetenschap bij de empirisch vastgestelde feiten, in de theologie bij de traditie der openbaring.

Merkwaardig genoeg blijkt dit echter voor Pascal niet het enige motief te zijn het redelijk onbegrijpelijke in geloofszaken te aanvaarden. Wanneer hij, na in fragment 434 de absurditeit die het dogma van de erfzonde naar redelijke maatstaven beoordeeld aankleeft in den brede te hebben uitgemeten, verklaart dat wij niettemin verplicht zijn het te aanvaarden, beroept hij zich niet op de Heilige Schrift of op de autoriteit van het kerkelijk leergezag, maar op de aan de methodiek der natuurwetenschappen ontleende overweging, dat zonder dit dogma de mens als gegeven verschijnsel onbegrijpelijk voor ons blijft: 'sans ce mystère, le plus incompréhensible de tous, nous sommes incompréhensibles à nous-mêmes'.[*] Hij behandelt het dogma hier als een natuurwetenschappelijke theorie die wij ondanks het paradoxale van haar inhoud wel moeten aanvaarden, omdat anders de vastgestelde ervaringsfeiten onverklaarbaar zouden zijn.[73]

Opnieuw blijkt er dus nauwe verwantschap te bestaan tussen fysica en theologie. Maar opnieuw kardinaal verschil: de rede leert zich aanpassen aan nieuw ontdekte feiten en slaagt daarin zo goed dat latere generaties door *le coeur* menen in te zien wat *la raison* van hun voorgangers aanvankelijk als ondenkbaar meende te moeten verwerpen; 'les hypothèses physiques', zou men met een variant op fragment 95 kunnen zeggen, 'deviennent sentiments'.[*] De erfzonde echter blijft 'folie devant les hommes mais on le donne pour tel'. (445)[*]

Ik ben hiermee aan het eind van mijn mededeling gekomen. Ik hoop dat het duidelijk is geworden wat ik ermee beoogde: niet de figuur van Pascal in al haar

72 Brunschvicg minor 75.

73 Prévost-Paradol 100 legt misschien wel wat al te veel de nadruk op deze natuurwetenschappelijke instelling van Pascal waar hij schrijft: 'Cet impérieux esprit, saisi, au milieu des sciences exactes et naturelles, de l'amour de la religion et de la passion de la répandre, a voulu simplement appliquer à la démonstration de la vérité du christianisme la méthode en usage pour les démonstrations scientifiques, et ne laisser, s'il était possible, pas plus d'échappatoires à l'esprit de l'homme pour éviter de croire au christianisme que nous n'en aurions aujourd'hui, par exemple, pour refuser notre créance au mouvement de la terre.'[*] Men kan namelijk moeilijk volhouden dat de gedachtengang van fragment 434 geregeld voorkomt en het is ook niet waarschijnlijk dat de apologie een logisch sluitend systeem van theologie zou hebben bevat.

diepte en in haar gehele omvang te schilderen, maar alleen opmerkzaam te maken op de leemte die in het beeld dat wij ons van hem vormen overblijft, wanneer er onvoldoende aandacht wordt geschonken aan het mathematisch en natuurwetenschappelijk element in zijn denken[74]; dit moge in zijn wezen als geheel beschouwd niet meer dan een parergon betekenen, het zou echter niet goed zijn als het altijd een paralipomenon bleef.*

Literatuurlijst

Banning, W. e.a., *Encyclopaedisch handboek van het moderne denken* (Arnhem 1950) geciteerd als EHMD.

Baudin, F, *La philosophie de Pascal*. I. Pascal et Descartes. II. *Pascal, les libertins et les Jansénistes*. 2 vol. III. *Pascal et la casuistique* (Neuchâtel 1946-47) (Etre et Penser, Cahiers 16-19).

Beth, E.W, *De wijsbegeerte der wiskunde van Parmenides tot Bolzano* (Antwerpen-Nijmegen 1944).

Blondel, Maurice, 'Le jansénisme et l'anti-jansénisme de Pascal'. *Revue de métaphysique et de morale* 30 (1923) 129-163.

Bosmans S.J.H., 'Sur l'oeuvre mathématique de Blaise Pascal'. *Revue des questions scientifiques*, janvier et avril 1924.

Boudhors, Charles H, *Oeuvres complètes du Chevalier de Méré*. 3 vol. (Paris 1930).

Boutroux, E., *Pascal* (Paris 1900).

Brunschvicg, L.

(1) *Oeuvres complètes de Pascal* (14 vol., Paris 1904-1914). Geciteerd als Brunschvicg maior.
(2) *Pensées et Opuscules de Pascal* (Paris z.j). Geciteerd als Brunschvicg minor.
(3) 'La solitude de Pascal'. *Revue de métaphysique et de morale* 30 (1923) 165-180.
(4) *Pascal* (Maîtres de Littératures No. 13. Paris 1932).

Chateaubriand, *Génie du Christianisme* (2 vol. Paris z.j).

Chestov, Léon, *La nuit de Gethsémani. Essais sur la philosophie de Pascal* (Paris 1923).

Chevalier, Jacques.

(1) *Pascal* (Paris 1923).
(2) *Pascal* (Collection Les grands coeurs. Paris 1936).

Delbet, Pierre, *Le caractère de Pascal* (Paris 1947).

Descartes, René, *Oeuvres de Descartes*, publiées par Charles Adam et Paul Tannery (12 vol. Paris 1897-1913).

74 Volstrekt te verwerpen lijkt ons dan ook de mening van Hatzfeld 189: 'Loin de se prêter un mutuel appui, la science et la philosophie's s'excluent en Pascal.'*

Dokter, T., *Het mythologische, het theoretische en het bijbelse wereldbeeld*. ('s-Gravenhage 1951).
Duhamel, G., *Les Confessions sans Pénitence, suivi de trois autres entretiens*. IV. *L'homme qui cherche en gémissant* (Paris 1941).
EHMD zie: Banning.
Galilei, Galileo, *Le Opere di-*. (Edizione Nazionale. 20 vol. Firenze 1890-1909).
Giraud, Victor, *Pascal*. I *Essai de biographie psychologique* (Paris z.j.).
Groot, Hugo de, *Bewijs van den waren godsdienst*. ed. J. de Vries (Amsterdam 1844).
Guardini, Romano, *Pascal ou le drame de la conscience chrétienne*, trad. par H. Engelmann et R. Givord (Paris 1951). (Oorspronkelijke titel: *Christliches Bewusstsein. Versuche über Pascal* (Leipzig 1935).)
Hatzfeld, Ad, *Pascal* (Paris 1901). Het hoofdstuk dat over Pascals wetenschappelijk werk handelt, is van G. Perrier.
Humbert, Pierre, *Cet effrayant génie ... L'oeuvre scientifique de Blaise Pascal* (Paris 1947).
Huygens, Christiaan, *Oeuvres complètes de* -, publiées par la Société Hollandaise des Sciences (22 vol. La Haye 1888-1950).
Laporte, Jean.
(1) 'Pascal et la doctrine de Port-Royal', in: *Revue de métaphysique et de morale* 30 (1923) 247-306.
(2) *Le coeur et la raison selon Pascal* (Paris 1950).

Leavenworth, Isabel, *The physics of Pascal* (New York 1930).
Lefebvre, Henri, *Pascal* I (Paris 1949).
Méré, Chevalier de, *Oeuvres*. zie: Boudhors.
Michaut, G., *Les Pensées de Pascal*. Collectanea Friburgensia. Fasc. VI (Fribourg 1896).
Pascal, Blaise. *Oeuvres*. zie: Brunschvicg en Strowski.
Prévost-Paradol, *Etudes sur les moralistes français* (Paris 1883).
Sainte-Beuve, C.A., *Port-Royal* (Paris 1867).
Sassen, F., *Pascal* (Getuigen van Christus No. 6. Amsterdam z.j.).
Scholz, H., 'Die Axiomatik der Alten', in: *Blätter für deutsche Philosophie*. IV (1930-31) 259-278.
Serrurier, C., *De Pensées van Pascal* (Leiden 1919).
Strowski, *Edition définitive des Oeuvres Complètes de Pascal*. I. *Biographie et Oeuvres Scientifiques* (Paris z.j.)
Thirion, J., 'L'horreur du vide et la pression atmosphérique', in: *Revue des questions scientifiques* (3) 12 (1907) 383-450, 13 (1908) 149-251.
Tourneur, Z., *Une vie avec Pascal* (Paris 1943).
Truc, Gonzague,. *Pascal. Son temps et le nôtre* (Paris 1949).
Voltaire, *Oeuvres complètes*.

Eindnoten:

1 Zie het relaas dat Dijksterhuis zelf geeft in *Clio's stiefkind* (Groningen, 1953) 14-15, hierna p. 268-269.

2 In het Dijksterhuis-archief (Museum Boerhaave Leiden) is een klein deel van de correspondentie tussen beiden bewaard gebleven. Dat Dijksterhuis en Strijd op zeer vriendschappelijke voet met elkaar omgingen werd mij bevestigd door zowel mevr. Smit-Dijksterhuis te Naarden als mevr. Strijd-Glas te Amsterdam.

* 'Biografiek': een door Dijksterhuis ingevoerd neologisme, waardoor hij de biografie als geschiedkundig genre wilde onderscheiden van de levensloop zelf.
* 'la recherche': 'het onderzoek van de geheimen van de natuur die niet op ons betrekking hebben, waarvan het nutteloos is om ze te weten en die de mensen alleen maar willen weten om ze te weten'.
* 'cette curiosité': 'die altijd onrustige nieuwsgierigheid die men bemanteld heeft met de naam wetenschap'.
* 'savait douter': 'wist te twijfelen waar het nodig is, wist te verzekeren waar het moet, zich daarbij onderwerpend waar het moet'.
* 'Ce n'est pas': 'Het is niet zo dat zijn geschriften niet volmaakt zouden zijn in hun genre of dat het nauwelijks mogelijk zou zijn ze te verbeteren, maar het genre zelf ligt zo ver beneden hem dat zij die hem slechts naar zijn geschriften zouden beoordelen slechts een zeer zwak en onvolmaakt beeld zouden kunnen krijgen van de grootheid van zijn genie en de kwaliteit van zijn geest.'
* 'Il y avait': 'Er was eens een man, die op twaalfjarige leeftijd met staven en ringen de wiskunde had geschapen; die op zestienjarige leeftijd de meest geleerde verhandeling over de kegelsnede had geschreven die men sinds de Oudheid had gezien; die op negentienjarige leeftijd een wetenschap die zuiver begripsmatig was wist terug te brengen tot een machine; die op drieëntwintigjarige leeftijd de verschijnselen van de luchtdruk demonstreerde en een van de grootste dwalingen van de antieke fysica vernietigde; die op de leeftijd dat andere mensen nauwelijks geboren zijn en na de kring van de menswetenschappen doorlopen te hebben, hun nietigheid bemerkte en zijn gedachten naar de religie wendde; die vanaf dat momen tot zijn dood, die hem in zijn negenendertigste jaar overviel, altijd zwak en lijdend, de taal vastlegde die Bossuet en Racine spraken, het voorbeeld gaf van de meest volkomen schets zowel als van de krachtigste redeneerkunst; die ten slotte tijdens de korte pauzes in zijn lijden, bij wijze van afleiding een van de moeilijkste problemen van de wiskunde oploste en gedachten op papier zette, die zowel betrekking hebben op God als op de mens. Dit schrikwekkende genie heette Blaise Pascal.'
* 'guéri par': 'genezen door de roulette, die hij gezocht had en gevonden'.
* 'De Montalte': Pascal raakte door toedoen van zijn zuster Jacqueline betrokken bij de polemiek tussen de jansenisten en de jezuïten en schreef in 1656-1657 een achttiental brieven die gepubliceerd werden als *Lettres écrits par Louis de Montalte à un Provincial de ses amis et aux RR.PP. Jésuites sur la morale et la politique de ces Pères* (beter bekend als *Les provinciales*).
* 'ut spiritus vitales': 'dat hij zijn levensgeesten bijna had uitgeput'.
* 'qui se perdit': 'die zich verloor in het in zijn zakken naaien van zijn papieren toen het moment was aangebroken om Frankrijk de eer te verschaffen van (de uitvinding van) de infinitesimaalrekening'.
* 'qu'entre esprits égaux': 'dat bij geesten van gelijk niveau en bij overigens gelijke omstandigheden degene die over wiskundige kennis beschikt de overhand krijgt en zich een geheel nieuwe kracht verwerft'.
* 'dans une impuissance naturelle': 'in een natuurlijke onmacht om welke wetenschap dan ook te behandelen in een geheel volmaakte orde'.
* 'Stoicheiosis': Onder het Griekse begrip 'stoicheiosis' en het Latijnse equivalent 'elementatio' wordt het herleiden verstaan van een tak van wiskunde tot zijn zelf onherleidbare elementen of eerste stellingen.
* 'Le coeur sent': 'Het hart voelt dat de ruimte drie dimensies kent en dat er oneindig veel getallen bestaan. De rede toont vervolgens aan dat er geen twee kwadraten zijn waarvan het ene het dubbele is van het andere.'
* 'La dernière démarche': 'De laatste stap van de rede is te erkennen dat er een oneindig aantal dingen is die haar te boven gaan... Als de natuurlijke dingen haar te boven gaan, wat zal men dan zeggen van de bovennatuurlijke?'
* 'C'est le coeur': 'Het is het hart dat God voelt, en niet de rede. Dat is wat het geloof is: het hart en niet de rede is gevoelig voor God.' 'Het geloof is een gave Gods; gelooft dus niet dat wij zeiden dat het een gave van de redenering zou zijn.'
* 'Le coeur': 'Het hart heeft zijn redenen die het verstand niet kent.'
* 'Il n'y a rien': 'Niets is zo overeenkomstig de rede als deze verloochening van de rede.'
* 'La raison': 'De rede zou zich nooit onderwerpen, indien zij niet oordeelde dat er omstandigheden zijn waarin zij zich moet onderwerpen.'
* 'Qui ne fait ainsi': 'Wie niet zo handelt, kent de kracht der rede niet.'
* 'par instinct': 'door het instinct en het gevoel'.

* ‘ἀνάμνησις’: De platoonse kennisleer ging ervan uit dat kennis wordt verkregen door het weer in herinnering (anamnese) brengen van de kennis die de mens had voordat zijn ziel ingekerkerd werd in het lichaam; de taak van de leraar was daarom slechts het te voorschijn halen van de kennis die de leerling eigenlijk al bezat. Socrates vergeleek zich om die reden wel met een vroedvrouw en noemde zijn didactische methode de ‘maieutische’ (van het Griekse woord μαιεύω, dat ‘verlossen’ betekent).
* ‘les propositions géométriques’: ‘de wiskundige stellingen worden gevoelens, want de rede maakt de gevoelens natuurlijk’.
* ‘Nous ne concevons’: ‘Wij begrijpen noch de glorieuze staat van Adam, noch de aard van zijn zonde, noch de overdracht op ons. Dat zijn dingen die gebeurd zijn in een natuurstaat, die geheel verschilt van de onze en die de macht van ons begrip te boven gaat.’
* ‘C'est une maladie’: ‘Het is een ziekte van de menselijke natuur te geloven dat hij de waarheid direct bezit ... in plaats daarvan kent hij slechts op natuurlijke wijze de leugen en moet hij slechts die zaken voor waar moet aannemen waarvan het tegendeel hem onjuist lijkt.’
* ‘qu'on peut bien connaître’: ‘dat men zeer wel kan weten dat iets bestaat, zonder daarvan de aard te kennen’.
* ‘Tout ce qui est’: ‘Alles wat onbegrijpelijk is kan daarom toch wel bestaan’.
* ‘Ainsi on peut bien connaître’: ‘Zo kan men zeer wel weten dat er een God is zonder te weten wat Hij is.’
* ‘Nous connaissons donc’: ‘Wij kennen dus het bestaan en de aard van het eindige omdat ook wij eindig en uitgebreid zijn. Wij kennen het bestaan van het oneindige, maar wij kennen niet zijn aard, omdat het wel uitgebreid is als wij, maar geen grenzen heeft zoals wij. Maar wij kennen noch het bestaan, noch de aard van God, omdat hij en niet uitgebreid is èn geen grenzen heeft. Maar door het geloof hebben wij kennis van zijn bestaan; als wij verheerlijkt zijn, zullen wij zijn aard leren kennen.’
* ‘un néant’: ‘een niets vergeleken met het oneindige, een alles vergeleken met het niets, een tussending tussen alles en niets’.
* ‘Il a très bon esprit’: ‘Hij heeft een zeer goed verstand, maar hij is geen wiskundige. Dat is, zoals u weet, een groot gebrek. Hij begrijpt zelfs niet dat een wiskundige lijn oneindig deelbaar is en meent zeer nadrukkelijk te weten dat deze lijn is samengesteld uit een eindig aantal punten.’
* ‘Naturellement’: ‘Dat zal u op een natuurlijke wijze doen geloven en u afstompen.’
* ‘Et à cela’: ‘En dan hem daarop antwoorden: de machine.’
* ‘Tous les corps’: ‘Alle lichamen, het hemelgewelf en de sterren, de aarde en zijn koninkrijken zijn niet zoveel waard als de minste van de geesten; want deze is zich dat alles bewust en de dingen weten niets. Alle lichamen bij elkaar, en alle geesten te zamen met wat zij voortbrachten zijn nog niet zoveel waard als de minste neiging der liefde. Want deze is van een oneindig hogere orde.’
* ‘L'unité’: ‘De eenheid gevoegd bij de oneindigheid vermeerdert deze met niets (...). Het eindige valt weg bij het oneindige en wordt een zuiver niets. Zo is het met onze geest tegenover God; en zo is het met onze rechtvaardigheid tegenover de goddelijke rechtvaardigheid. De onevenredigheid tussen onze rechtvaardigheid en die van God is alleen zo groot als die tussen de eenheid en het oneindige.’
* ‘La somme triangulaire’: ‘De triangulaire som valt in het niet bij een pyramidale som en wordt een zuiver niets.’
* ‘Les choses corporelles’: ‘De stoffelijke dingen zijn slechts een beeld van de geestelijke en God heeft de onzichtbare dingen gerepresenteerd in de zichtbare. Deze gedachte is zo algemeen en zo nuttig, dat men geen enkel moment moet laten passeren zonder er aandachtig aan te denken.’
* ‘toutes choses’: ‘alle dingen zijn sluiers die God bedekken’.
* ‘Quand on est instruit’: ‘Als men dat geleerd heeft, begrijpt men dat de natuur haar beeld en dat van haar schepper in alle dingen heeft gegrift, waardoor zij bijna alle haar dubbele oneindigheid bevatten.’
* ‘la liaison’: ‘het bewonderenswaardig verband waarmee de naar eenheid strevende natuur één lichaam maakt van de meest uiteenlopende dingen’.
* ‘sur quoi’: ‘op basis waarvan men zichzelf kan leren schatten op juiste waarde en denkbeelden kan vormen die meer waard zijn dan zelfs de hele rest van de wiskunde’.
* ‘Il faut dire’: ‘Men moet in het algemeen zeggen: dat gebeurt door vorm en beweging.’
* ‘Mais de dire lesquels’: ‘Maar te zeggen welke vormen en de machine te willen samenstellen, is belachelijk. Want dat is nutteloos, en onzeker, en lastig.’
* ‘Ecrire’: ‘Schrijven tegen hen die te ver in de wetenschappen willen doordringen; Descartes.’
* ‘Ce fut’: ‘Het was tevergeefs dat u dat decreet tegen Galilei verkreeg dat zijn mening veroordeelde omtrent de beweging van de aarde. Dat decreet zal niet bewijzen dat zij rust. En als men constante waarnemingen had die zouden bewijzen dat zij het is die draait, dan zouden alle mensen bij elkaar haar niet kunnen verhinderen te draaien en zichzelf kunnen weerhouden ook met haar mee te draaien.’ Over de *Lettres provinciales*, zie hierboven p. 102.

* ‘pelagianisme’: Ketterij, geïntroduceerd door de Britse monnik Pelagius uit de vijfde eeuw n.Chr.; Pelagius loochende de erfzonde en beweerde dat de mens uit eigen kracht zalig kan worden.
* ‘Eh quoi’: ‘Wel, zegt u dan zelf niet, dat de hemel en de vogelen Gods bestaan bewijzen? Neen. En zegt uw godsdienst het dan niet? Neen.’
* ‘une chose admirable’: ‘een verwonderlijk iets dat nooit een kanoniek schrijver de natuur te baat heeft genomen om Gods bestaan te bewijzen’.
* ‘Il n'y a point’: ‘Er is geen ledig, dus er is een God.’
* ‘Toute la suite’: ‘Het hele mensengeslacht, gedurende zoveel eeuwen, moet worden beschouwd als dezelfde mens, die steeds blijft bestaan en voortdurend leert.’ ‘Degenen die wij de ouden noemen, waren in werkelijkheid nieuw in alle dingen en vormden eigenlijk de kindertijd van de mensheid.’ ‘Wanneer wij auteurs aanhalen, halen wij hun bewijzen aan en niet hun namen.’
* ‘pour donner’: ‘om volledige zekerheid te verschaffen in zaken die voor de rede het meest onbegrijpelijk zijn, is het voldoende ze te laten zien in de Heilige Schrift.’
* ‘sans ce mystère’: ‘zonder dat mysterie, het meest onbegrijpelijke van alles, zijn we voor onszelf onbegrijpelijk’.
* ‘C'est impérieux esprit’: ‘Deze veeleisende geest, die middenin de exacte en de natuurwetenschappen werd gegrepen door de liefde voor de godsdienst en door de hartstocht haar te verbreiden, heeft eenvoudigweg de methode die in gebruik is in de wetenschappelijke bewijsvoering willen toepassen op het bewijzen van de waarheid van het christelijk geloof en zo mogelijk niet meer ontsnappingsmogelijkheden voor de menselijke geest willen openlaten om te vermijden in het christendom te geloven dan wij tegenwoordig hebben om te weigeren te geloven in de beweging van de aarde.’
* ‘les hypothèses’: ‘de fysische hypothesen worden gevoelens.’
* ‘folie’: ‘dwaasheid voor de mensen, maar men wil haar ook als zodanig uitgeven’.
* ‘Loin de se prêter’: ‘In plaats van dat ze elkaar wederzijds steun verlenen, sluiten bij Pascal natuurwetenschap en filosofie elkaar uit.’
* ‘parergon’: bijkomstigheid, bijzaak; ‘paralipomenon’: iets wat overgeslagen is. Wellicht moeten we in de slotzin ook een verwijzing zien naar een werk van een van Dijksterhuis' lievelingsfilosofen, Arthur Schopenhauer. Deze publiceerde in 1851 zijn *Parerga und Paralipomena*, dat hijzelf opvatte als ‘Nebenfrüchte’ van zijn hoofdwerk *Die Welt als Wille und Vorstellung*. Het boek werd in het Nederlands vertaald: *Parerga en paralipomena. Kleine philosophische geschriften van Arthur Schopenhauer*. Vertaald en van een inleiding en aanteekeningen voorzien door dr. H.W.Ph.E. van den Bergh van Eysinga (2 dln., Amsterdam, 1908). De hoofdtitel van het boek werd in vertaling als volgt weergegeven: ‘Toevoegsels en uitlaatsels’.

Wiskunde in de natuurwetenschap

Ad quanta intelligenda condita

De wiskunde is niet alleen een cultuurelement omdat ze een zelfstandige schepping van de menselijke geest is, op één lijn te plaatsen met beeldende kunst of literatuur, maar ook omdat het wiskundig denken toepassingen vindt op andere terreinen van cultuur. Dat hoeven niet alleen de natuurwetenschappen te zijn; in het voorgaande opstel is al duidelijk gemaakt hoe de wiskundige denkvorm ook terugkeert in Pascals theologische bespiegelingen. Maar het zijn toch vooral de natuurwetenschappen geweest die hebben laten zien hoe de wiskunde met vrucht toegepast kan worden buiten haar eigen domein. De vraag die Dijksterhuis daarbij steeds geboeid heeft is hoe het eigenlijk mogelijk is dat de wiskunde, een vrije schepping van de menselijke geest, toegepast kan worden bij de bestudering van een terrein dat de mens allerminst geschapen heeft en dat hij moet nemen zoals het zich aandient. Hoe kan de concrete, weerbarstige natuur bestudeerd worden met behulp van de abstracte, als het goed is uiterst elegante wiskunde? Sterker nog, hoe is het te verklaren dat de natuurwetenschap alleen dan vooruitgang boekt als zij de hulp van de wiskunde inroept? De grote bloeiperioden van de natuurwetenschap, de Griekse Oudheid, de zeventiende eeuw en de negentiende en twintigste eeuw zijn immers bij uitstek perioden waarin de toepassing van wiskunde op natuurwetenschappelijke problemen de grootste vorderingen maakte.

De geschetste problemen liggen op het terrein van de wetenschapsleer en de meest voor de hand liggende weg om ze op te lossen is die van de wijsbegeerte: wat leert een beschouwing over de aard van de wiskunde en de natuurwetenschap over de toepasbaarheid van de ene wetenschap op de andere? Het merkwaardige is dat Dijksterhuis het probleem vrijwel nooit langs deze weg benaderde. Dat kwam niet omdat hij het bestaansrecht van de wetenschapsleer ontkende of doordat het hem aan voldoende filosofische scholing en belangstelling ontbrak. In zijn studententijd volgde hij de colleges van de bekende psycholoog en filosoof Gerardus Heymans en als redacteur van *De Gids* heeft hij talrijke filosofische werken op deskundige wijze gerecenseerd. Maar het is opvallend dat hij daarbij nooit veel heeft laten blijken van een eigen algemeen filosofisch standpunt; hij besprak net zo welwillend een neo-thomistisch boek over natuurfilosofie en metafysica als een neo-positivistisch handboek waarin de metafysica juist als letterlijk onzin werd afgedaan. Onder Nederlandse filosofen konden zowel de natuurfilosoof Van Melsen als de logicus Beth op zijn waardering rekenen.[1] Voor zover Dijksterhuis een eigen standpunt innam, beperkte zich dat tot de opvatting dat men in de wetenschap hooguit kan komen tot een beschrijving in mathematische termen van langs empirische weg verkregen kennis der natuurverschijnselen en dat het onmogelijk is tot het wezen van die verschijnselen door te dringen.

Liever dan de hoofdweg van de wijsbegeerte bewandelde Dijksterhuis de omweg van de geschiedenis, die echter niet overbodig was omdat de aard van de wiskunde en de natuurweten

schap in de loop der eeuwen zo veranderd is dat een beschouwing van de aard van de actuele wiskunde en natuurwetenschap nooit een afdoende antwoord kan geven op de vraag waarom de natuurwetenschap zo goed gebruik kan maken van de wiskunde. Uit de artikelen die Dijksterhuis over de historische betrekkingen tussen wiskunde en natuurwetenschap heeft geschreven zijn er drie gekozen: één algemeen artikel, één artikel over de situatie in de zeventiende eeuw en één artikel dat de behandeling van de problematiek doortrekt naar de twintigste eeuw. De Leidse oratie uit 1955, het eerste van de drie, maar het laatst gepubliceerd, is één van de weinige plaatsen waar Dijksterhuis het probleem in algemene termen aan de orde stelt. Een erg diepgaande behandeling kan hij dan ook niet geven, maar daar staat tegenover dat wel alle standpunten in een helder overzicht bij elkaar worden geplaatst. Uit de titel is wel duidelijk dat de voorkeur van Dijksterhuis uitgaat naar het standpunt dat door Kepler nog in theologische termen werd geformuleerd en dat erop neerkomt dat de oplossing voor het probleem gezocht moet worden in de constitutie van de menselijke geest. Over mogelijke overeenkomsten tussen dit standpunt en de aan het eind van de vorige eeuw geformuleerde standpunten van de neo-kantianen heeft Dijksterhuis zich verder nooit uitgelaten.[2]

Ad quanta intelligenda condita

Mijne heren curatoren,
Dames en heren hoogleraren, lectoren en privaatdocenten,
Dames en heren leden van de wetenschappelijke staf,
Dames en heren studenten,
en voorts u allen die door uw tegenwoordigheid van uw belangstelling blijk geeft,

Zeer gewaardeerde toehoorders,

De geschiedenis der exacte wetenschappen, waarin mij het onderwijs aan deze universiteit is opgedragen, omvat de historische ontwikkeling van de wiskunde en van de exacte, dat wil zeggen met behulp van wiskunde te behandelen natuurwetenschappen. In deze omschrijving worden wiskunde en natuurwetenschap vooreerst naast elkaar genoemd; vervolgens wordt echter het tweede begrip door het eerste in zijn omvang beperkt. Zou de nevenschikking nog de gedachte aan een niet meer dan accidenteel verband kunnen wekken - het ware immers denkbaar dat eenzelfde docent de geschiedenis van twee verschillende onderling niet samenhangende vakken onderwees - de nadere bepaling van het ene door het andere maakt duidelijk dat aan een essentiële samenhang tussen beide gedacht wordt.

Hier is aanleiding tot verwondering. Wanneer wiskunde een vrije schepping van de menselijke geest is terwijl natuurwetenschap te maken heeft met een buiten menselijk toedoen voorhanden werkelijkheid, moet het verbazing wekken tussen beide vakken een wezenlijk verband te zien leggen.

Het is waar dat deze verbazing tegenwoordig zelden meer gevoeld wordt. Van jongs af vertrouwd met de woordcombinatie ‘wis- en natuurkunde’ heeft de mens van onze tijd ook hier de afstompende werking ondergaan die de gewoonte steeds op het vermogen tot verwondering uitoefent.

De vraag naar de aard van het verband tussen wiskunde en natuurwetenschap is een kwestie van epistemologie, in de zin van wetenschapsleer, en schijnt dus in beginsel beantwoord te moeten kunnen worden door beide vakken in hun tegenwoordige gedaante te bestuderen. Echter, de ervaring leert dat het nooit gelukt enige wetenschap uitsluitend als eigentijds ver-

schijnsel in het oog te vatten en te onderzoeken. Steeds weer zullen er vragen naar haar historische oorsprong rijzen, naar de wordingsgeschiedenis van haar problemen, haar methoden, haar begrippen, haar termen. Daardoor valt in ieder epistemologisch onderzoek aan de wetenschapsgeschiedenis een aandeel toe. Laten wij in dit uur haar dan ook vragen wat zij over de relatie van wiskunde en natuurwetenschap te berichten heeft.

Wenden wij ons daartoe naar het onvermijdelijk uitgangspunt van alle wetenschapshistorisch onderzoek dat ons in de antieke Helleense cultuur gegeven is, dan vinden wij daar in de pythagoreïsche school vier mathemata, aritmetica, geometria, musica, astronomia, waarin zich reeds zowel een tegenstelling tussen wiskunde en natuurwetenschap laat opmerken als een nauwe onderlinge samenhang. Aritmetica is reeds vroeg een zelfstandige wetenschap die op zintuiglijke ervaringen geen bewust beroep meer behoeft te doen en die dus reeds zuivere wiskunde mag heten. Muziek en astronomie, die zich opvolgend met gehoorde muzikale tonen en geziene bewegingen van hemellichamen bezighouden, zijn even ontwijfelbaar natuurwetenschappen. Ten aanzien van de geometrie kan men aarzelen. Is zij nog dat deel der natuurwetenschap dat de vormeigenschappen der vaste lichamen behandelt, of is zij reeds dat deel der wiskunde dat in de ervaringen over die lichamen opgedaan weliswaar zijn psychologische oorsprong vindt, maar dat voor zijn opbouw die ervaringen niet meer bewust gebruikt? De mededeling van Proklos dat Pythagoras de geometrie ἀύλως καὶ νοερῶς, op onstoffelijke wijze en noëtisch, door het denken alleen, leerde beoefenen,[1] wijst erop dat meetkunde in de pythagoreïsche school reeds niet meer landmeetkunde was en dat zij de vele aan haar empirische oorsprong ontleende, door Plato[2] later belachelijk gemaakte termen als ‘vierkant maken’, ‘erlangs leggen’ en ‘erbij zetten’, slechts uit traditie behouden had.

Er waren dus twee wiskundige en twee natuurwetenschappelijke mathemata, welke laatste echter in hoge mate op de eerste steunden. Het mathema muziek bestond uit een leer van intervallen, waarin het wezen van wat het gehoor als hoogteverschil van twee tonen verneemt, gezocht werd in een verhouding van getallen, zodat optellen van intervallen vermenigvuldigen van verhoudingen betekende. In de astronomie vond zowel de geometrie als de aritmetica toepassing, de eerste bij het ontwerpen van bewegingsstelsels waardoor van de waargenomen verschijnselen rekenschap kon worden gegeven, de tweede in beschouwingen over afstanden en omloopstijden van hemellichamen die aanleiding gaven tot kosmologische speculaties over harmonie der sferen en periodiciteit in het wereldgebeuren.

Naarmate men de meetkunde meer noëtisch ging behandelen moest het

1 *Procli Diadochi in primum Euclidis Elementorum librum commentarii*. ed. G. Friedlein (Leipzig 1873) p. 65, 18.

2 Plato, *Politeia* VII. 527 A.

steeds meer de aandacht trekken dat de geometrische entiteiten waarover men algemeen geldige, exacte en apodictische oordelen uitsprak, niet identiek konden zijn met de gelijknamige objecten der zintuiglijke ervaring, dat de rechte lijnen, cirkels en bollen die deze ons toont andere zijn dan die de meetkunde zo noemt.

Op de vraag welke zijnswijze deze mathematische entiteiten dan wel bezitten wordt in de filosofie van Plato geantwoord dat hun een ideale existentie eigen is, die met het zijn der ideeën de kenmerken van eeuwigheid en onbeweeglijkheid gemeen heeft en er zich alleen van onderscheidt doordat zij de eigenschap der enigheid mist.[3] De relatie van het rijk der ideeën tot dat der geometrische vormen wordt verduidelijkt door haar te vergelijken met de betrekking tussen fysische lichamen en hun schaduwen of spiegelbeelden, welke ook weer dezelfde is als die tussen geometrische vormen en de daarmee gelijknamige fysische lichamen, bijvoorbeeld tussen een bol en een kaatsbal.[4]

Het is van belang in de platoonse visie op de relatie tussen de mathematische en de fysische wereld twee elementen zorgvuldig te onderscheiden en wel 1) de gedachte van een correspondentie tussen de fysische objecten, die wij met behulp van de zintuigen waarnemen en de gelijknamige geometrische vormen, waarvan wij de eigenschappen noëtisch vaststellen; en 2) de overtuiging dat het rijk der geometrie een zelfstandig bestaan voert, gescheiden en onafhankelijk van dat der fysische lichamen, even onafhankelijk daarvan als het ideeënrijk het van het geometrische is en een fysisch lichaam van zijn schaduw; en dat bovendien de volgorde idee-geometrische vorm-fysisch lichaam-schaduw tevens een voortdurende daling van de werkelijkheidsgraad aangeeft: een geometrische vorm overtreft een fysisch lichaam even sterk in realiteit als dit het zijn schaduw doet. Deze onderscheiding is hierom van belang omdat de andere grote Griekse denker die naast Plato het verloop van de geestesgeschiedenis der westerse wereld beslissend zou gaan beïnvloeden, Aristoteles, de eerste van deze twee opvattingen tot de zijne maakt en met zijn gezag ondersteunt maar de tweede verwerpt. Voor hem is het rijk der idee niet transcendent en dat der mathesis a fortiori niet. De eigenschappen waarover de meetkunde handelt zijn eigenschappen van fysische lichamen, mits men deze van een bepaald, namelijk meetkundig, standpunt uit beschouwt en daarbij van alle mogelijke andere beschouwingswijzen afziet.

Dat Aristoteles Plato's mathematisch ontologisme, de leer van het zelfstandig bestaan van geometrische vormen, niet aanvaardt is voor ons doel minder belangrijk dan dat zijn opvatting van een correspondentie tussen exacte geometrische vormen en fysische objecten waarin zich die vormen

3 Aldus de mededeling van Aristoteles over de metaxu-positie der mathematische entiteiten in *Metaphysica* A 6; 987 b 16-18.

4 Plato, *Politeia* VI. 509D-510E. Toegelicht door Proklos, ed. cit. (noot 1) 10, 21-11, 9. Zie verder E.J. Dijksterhuis, 'Proklos' Commentaar op Euclides I vertaald' in: *Euclides* 25 (1949-50) 47.

verdoezeld vertonen, praktisch met de platoonse overeenstemt. Men kan haar weliswaar, wanneer men op de verschilpunten de nadruk wil leggen, als abstractie-theorie tegenover de idealiseringstheorie van Plato stellen, maar moet dan toch bedenken dat zij beide tot volmaakt hetzelfde resultaat, namelijk tot dezelfde ideale geometrische vormen, voeren. De aristotelische abstractie is het middel om de platoonse idealisering tot stand te brengen. Zeggen dat men abstraheert van alles waarin de empirische vormen van de ideale geometrische afwijken beduidt erkennen dat die ideale vormen hoe dan ook bestaan. Het meningsverschil betreft dan alleen nog maar dit hoe, transcendent bij Plato, immanent bij Aristoteles.[5]

Hoe dicht hun opvattingen in feite bij elkaar staan blijkt bovendien nog hieruit dat de axiomatische opbouw der meetkunde zoals wij die bij Euclides aantreffen zich enerzijds ongedwongen laat interpreteren als een verwezenlijking van zekere platoonse kenidealen, maar anderzijds kennelijk het prototype vormt waarnaar de beschouwingen die Aristoteles in de *Analytica Posteriora* aan het wezen van een bewijzende wetenschap wijdt, gemodelleerd zijn.[6]

Tot dusver is onze beschouwing geheel binnen de grenzen der wiskunde gebleven, maar is het niet duidelijk dat zij de strekking bezit die grenzen te buiten te gaan en zich ook op het gebied der natuurwetenschap te gaan bewegen? Wanneer met de wereld der rustende empirische vormen een noëtisch rijk van ideale mathematische vormen correspondeert, ligt het dan niet voor de hand te vermoeden dat met de veranderingen die zich in het eerste afspelen processen in het tweede zullen overeenkomen die eveneens voor noëtische behandeling vatbaar zijn? De gedachte van een in de letterlijke zin des woords mathematische fysica, dat wil zeggen van een als mathesis te behandelen natuurkunde, moest zich aan platonici en aristotelici met gelijke kracht opdringen. De eersten konden er dan nog bij denken dat het te construeren mathematisch systeem de eigenlijke natuur weergaf, waarvan de door ons zintuiglijk ervaren fysische wereld slechts een onvolkomen nabootsing in het stoffelijke was; zij konden die opvatting voor de natuurwetenschappelijke pythagoreïsche mathemata muziek en astronomie door hun meester in zijn *Politeia* met nadruk verdedigd vinden[7] en de volkomen overeenstemming van de hier ontwikkelde zienswijze met de kosmologie van de *Timaios* vaststellen.

De gemeenschappelijke platoons-aristotelische visie op het verband van wiskunde en natuurwetenschap wordt als in een modelvoorbeeld in praktijk gebracht door Archimedes. Deze behandelt in het eerste boek van zijn werk

5 Aristoteles, *Metaphysica* M 2, 3.
6 Bewijsplaatsen bij H. Scholz, ‘Die Axiomatik der Alten’, in: *Blätter für deutsche Philosophie* IV (1930-31).
7 Plato, *Politeia* VII, 529D-530C; 530E-531C.

Over evenwichten van vlakke figuren de voorwaarde waaronder een met gewichten te bezwaren draaibaar juk in evenwicht blijft,[8] maar hij doet dat niet zoals men bij dit essentieel fysisch probleem verwachten zou door metende proefneming, maar door, als gold het een zuiver mathematische kwestie, enkele evidente axiomata op te stellen (bijvoorbeeld dat het juk bij symmetrische belasting in evenwicht blijft) en van daaruit deductief te redeneren. Op geheel dezelfde wijze, namelijk uitgaande van een axioma dat zekere grondinzichten van de aristotelische fysica uitspreekt, leidt hij in zijn werk *Over drijvende lichamen* de nog steeds naar hem genoemde stelling over de opwaartse kracht die een in een vloeistof gedompeld lichaam ondervindt, door mathematische redenering af.[9]

Opnieuw belet de grote domper Gewoonte dat men spontaan beseft hoe merkwaardig deze feiten zijn. In de schooljaren, waarin ieder de grondbegrippen van wiskunde en natuurwetenschap opdoet en waarin tallozen het optimum van hun kennis van deze vakken bereiken, leert men veelal onvoldoende tussen beide onderscheiden en deze verdoezeling van een essentieel verschil laat de verwondering over de naar het schijnt toch aanwezige mogelijkheid van een deductieve behandeling der natuurwetenschap niet opkomen.

Bestaat die mogelijkheid inderdaad? Handelen de afleidingen van Archimedes wel over echte fysische balansen en over stoffelijke lichamen die in echte vloeistoffen gedompeld zijn? Men behoeft het betoog slechts een ogenblik kritisch te bekijken om dadelijk in te zien dat dit niet het geval is. In het werk *Over evenwichten van vlakke figuren* (om ons daartoe te bepalen) wordt niet gesproken over een stoffelijk juk, dat in lucht om een materiële met wrijving ondersteunde as kan draaien en waaraan stoffelijke lichamen worden opgehangen, maar over een als draaibaar aangenomen mathematisch lijnstuk, waaraan vlakke figuren worden bevestigd, terwijl men aan die figuren zekere getallen, evenredig met hun oppervlakten, toekent, die men als hun gewichten betitelt.

Wij verkeren in dezelfde ideale sfeer als waarin wij de meetkunde beoefenen en de afgeleide evenwichtsvoorwaarde heeft ook alleen in die sfeer volstrekte geldigheid. Maar - en hier schuilt het merkwaardige - die voorwaarde wordt onbekommerd toegepast op fysische balansen, waarbij dan alleen blijkt dat zij haar scherpte van geldigheid verliest, dat het evenwicht ook nog wel kan bestaan binnen een zekere speelruimte om de theoretisch afgeleide waarden heen. Men schrijft dat dan toe aan omstandigheden als wrijving en luchtweerstand, die het ideale verschijnsel storen. Het blijkt mogelijk die storende factoren ook in het mathematische beeld op te nemen, maar men moet ze dan evengoed idealiseren en de situatie verandert er principieel niet door. Het blijft

8 Archimedes, *De planorum aequilibrüs sive de centris gravitatis planorum*. I. 6. *Archimedis Opera Omnia cum Commentariis Eutocii,* ed. J.L. Heiberg Vol. II (Leipzig 1913).

9 Archimedes, *De corporibus fluitantibus,* ed. cit. (noot 8). Vol. II.

er bij dat wij een natuurverschijnsel hebben afgebeeld in een mathematisch systeem waarvan de conclusies in de fysische realiteit geldigheid bezitten. Maar die geldigheid is steeds slechts benaderd; de exactheid van het beeld is in de ervaring nooit terug te vinden.

De toepassing van de wiskunde in mechanica en hydrostatica geeft nog lang geen volledige indruk van de functie die zij in de natuurwetenschap kan vervullen en in de Oudheid ook reeds vervuld heeft. Het beeld verruimt zich als men ook nagaat hoe zij in de Griekse astronomie gebruikt is. Ook hier werden de waargenomen verschijnselen geïdealiseerd, bijvoorbeeld reeds doordat men hemellichamen door mathematische punten verving, maar hier kon men niet door van evidente axiomata uit te gaan het gedrag van die punten deductief redenerend op het spoor komen. Men moest vooreerst rekening houden met waargenomen kwantitatieve feiten en men voelde zich bovendien gebonden door zekere op religieuze, esthetische of natuurwetenschappelijke gronden berustende aprioristische onderstellingen in het licht waarvan de feiten beschouwd moesten worden. Men aanvaardde bijvoorbeeld als axioma dat hemellichamen geen andere bewegingen kunnen uitvoeren dan eenparige cirkelvormige en stond nu voor de taak de in de bewegingen der hemellichamen waargenomen onregelmatigheden met dit zogenaamd platoons axioma te rijmen.

Deze taak, die als het platoons probleem bekend staat, is het volledigst vervuld door de astronoom Claudius Ptolemaeus. Het is voor ons doel van belang de door hem daarbij toegepaste methode algemeen te formuleren. Daartoe beschouwen wij haar werking in een eenvoudig voorbeeld, namelijk dat der zonsbeweging. Het was bekend dat de jaargetijden niet even lang zijn terwijl toch gedurende elk van hen de zon een boog van negentig graden tussen de sterren doorloopt. Ten tijde van Ptolemaeus bedroeg de duur van de lente 94,5 dag en die van de zomer 92,5 dag. Om deze feiten met het platoons axioma te rijmen onderstelde Ptolemaeus dat de aardse waarnemer niet in het middelpunt van de eenparig doorlopen cirkelvormige zonsbaan staat. Hij bepaalde nu langs trigonometrische weg de afstand van de waarnemer tot het middelpunt van de zonsbaan en de ligging van de middellijn waarop hij zich bevindt, zó dat de lente inderdaad 94,5 dag duurde en de zomer 92,5 dag. Daar hij uit waarnemingen ook kon afleiden waar de zon op een gegeven tijdstip in het verleden had gestaan en welke boog zij in eenparige beweging in een gegeven tijdvak aflegt, kon hij voor ieder willekeurig ogenblik in de toekomst vooruitberekenen waar de excentrische waarnemer haar aan de hemel zal zien en door vergelijking van berekende en werkelijk waargenomen zonsposities de theorie op de proef stellen.

Wat is er nu eigenlijk gebeurd? Naar aanleiding van een zeker in mathematische vorm geformuleerd ervaringsmateriaal (de lengten van lente en zomer) is met inachtneming van zekere algemene beginselen (het platoons axioma) een hypothese over de ware toedracht der waargenomen verschijnselen opgesteld

(de waarnemer staat excentrisch), die zo is ingericht dat 1) de feiten die tot haar opstelling aanleiding hebben gegeven eruit gededuceerd kunnen worden (dat is een vanzelfsprekende minimum-eis) en 2) zij tot voorspellingen leidt (zonsposities op gegeven tijdstippen in de toekomst) die door nieuwe waarnemingen gecontroleerd kunnen worden. Gebruik makend van een reeds in de Oudheid voorkomende en later algemeen in zwang gekomen zij het ook niet geheel bevredigende terminologie, kunnen wij het gehele proces verdelen in een resolutorisch gedeelte, dat besloten wordt met de opstelling van de hypothese, en een compositorisch, dat uit een tweevoudige deductie uit de hypothese en de empirische verificatie van de voorspelde feiten bestaat.

Het is van belang op het verschil van de functie der hypothese in de beide delen van het denkproces te letten. In het resolutorische treedt zij op als gissing, in het compositorische als uitgangspunt van een deductie, dus als axioma. Het eerste strookt met het hedendaagse, het tweede met het Griekse spraakgebruik. In onze oren klinkt bij het woord hypothese altijd een sterke nuance van onzekerheid mee; in het Grieks beduidt ὑπόθεσις de aan een betoog ten grondslag gelegde onderstelling, waarvan gevorderd wordt dat de toehoorder haar zal aanvaarden; het is dus eenvoudig synoniem met het woord axioma, dat eveneens dat vorderen uitdrukt.

Voor ons speciale doel is het nuttig de plaatsen in het proces aan te wijzen waar de wiskunde haar diensten bewijst; zij doet dit 1) wanneer in het resolutorische gedeelte ervaringsfeiten in mathematische vorm worden geformuleerd; 2) wanneer de opgestelde hypothese een mathematisch uitdrukbare inhoud heeft; 3) in de dubbele deductie van het compositorische gedeelte.

Het is duidelijk dat het eigenlijk creatieve element van het gehele proces in de opstelling van de hypothese bestaat. Men kan hier niet zoals in slordig spraakgebruik wel eens gebeurt van een afleiden uit de verschijnselen spreken; het gaat er niet om wat uit de verschijnselen volgt; het is er om te doen iets te vinden waaruit zij volgen. Uit de gegevens omtrent lente en zomer kan onmogelijk worden afgeleid dat de waarnemer excentrisch staat; men kan er met inachtneming van het platoons axioma even goed rekenschap van geven door hem in het centrum van een cirkel te denken waarover niet de zon, maar het middelpunt van een door de zon eenparig doorlopen kleinere cirkel, een zogenaamde epicykel, eenparig loopt.

De opstelling van de hypothese bevat altijd een element dat niet redelijk te verantwoorden is; men kan het slechts door termen als νοῦς, virtus intellectiva, intuïtie, fantasie, inspiratie en dergelijke trachten te omschrijven. Hier ligt de reden waarom natuuronderzoek nog meer vereist dan belangstelling, vlijt, goede wil, accuratesse, technische vaardigheid en mathematische begaafdheid; er is een specifiek vermogen voor nodig, dat in zijn hoogste vorm slechts aan enkele begenadigden geschonken wordt.

Wij hebben het schema van de resolutorisch-compositorische of zoals men beter kan zeggen van de hypothetisch-deductieve methode leren kennen aan

het voorbeeld van de mathematische astronomie. Het is echter gemakkelijk in te zien dat het voor alle exacte wetenschappen geldt en dat deze zich onderling alleen onderscheiden door verschillen in de relatieve omvang en in de relatieve belangrijkheid van de delen van het proces. Zo fungeerde voor de meetkunde, toen deze van een natuurwetenschap tot een tak der wiskunde werd, de verzameling van de door meting, gissing of anderszins verworven meetkundige stellingen die de Griekse wiskundigen bij het begin van hun werkzaamheid als bekend konden beschouwen, als het ervaringsmateriaal waarvan bij de toepassing der methode moet worden uitgegaan; het euclidische stelsel van definities, postulaten en axiomata vormde de hypothese; daaruit werden deductief zowel de uitgangsstellingen als nieuwe meetkundige uitspraken afgeleid; aan empirische toetsing van deze laatste werd in verband met het spoedig aangenomen noëtisch karakter van het vak reeds door de pythagoreërs geen behoefte meer gevoeld. In de besproken onderzoekingen van Archimedes over statica en hydrostatica bestond het uitgangsmateriaal uit de neerslag van langdurige ervaring over de werking van hefbomen en het gedrag van in vloeistoffen gedompelde lichamen in de vorm van enkele als evident gevoelde axiomata; empirische verificatie van de uit de hypothese gededuceerde nieuwe beweringen, waaronder talrijke stellingen over de stabiele drijfstanden van segmenten van omwentelingsparaboloïden, heeft Archimedes kennelijk niet nodig geacht, hoewel er voor ons gevoel hier toch reeds meer aanleiding bestond haar te verlangen.

De hypothetisch-deductieve methode blijkt in de loop der tijden niet alleen in feite zij het ook onbewust voortdurend toegepast, maar ook bewust als zodanig bestudeerd te zijn. In de Oudheid wijdt Galenus er aandacht aan; in de dertiende eeuw ondervindt zij onder meer grote belangstelling van Robert Grosseteste die in het bijzonder nadruk legt op de noodzakelijkheid de opgestelde hypothese door empirische verificatie of falsificatie van haar consequenties op haar houdbaarheid te toetsen.[10] Natuurlijk kunnen de aprioristische beginselen in het licht waarvan de hypothese wordt geconcipieerd van geval tot geval verschillen. Bij Grosseteste en talrijke latere natuuronderzoekers zijn het de overtuiging van de uniformiteit van de werkwijze der natuur en de daarmee samenhangende *lex parsimoniae*, die inhoudt dat de natuur alles op de meest eenvoudige wijze doet en dat men daarom ook niet meer verklaringsbeginselen moet invoeren dan strikt noodzakelijk is. Weer later wordt de methode uitvoerig bestudeerd in het wijsgerig onderwijs aan de universiteit van Padua, zodat wanneer Galilei haar in het begin van de zeventiende eeuw nog eens uitdrukkelijk formuleert hij slechts een lange traditie van de instelling waaraan hij verbonden is voortzet.

De belangstelling die de methode voortdurend bleef wekken heeft niet kunnen bewerken dat zij ook steeds met vrucht is toegepast. Vóór de zestiende

10 A.C. Crombie, *Robert Grosseteste and the origins of experimental science* (Oxford 1953).

eeuw blijft de oogst aan natuurwetenschappelijke resultaten gering en daarna groeit hij aanvankelijk slechts langzaam aan. Men wist in beginsel eigenlijk heel goed hoe men de natuurwetenschap moest beoefenen, maar slaagde er slechts betrekkelijk zelden in dat methodisch inzicht ook in praktijk te brengen. Het is nog steeds een kapitaal historisch probleem hoe dit opvallende verschijnsel eigenlijk te verklaren is. Het maakt deel uit van een klasse van verwante vragen, die alle hierop neerkomen dat men graag zou willen begrijpen waarom een bepaalde ontwikkeling in een bepaald tijdvak, waarin zij naar het ons achteraf voorkomt heel goed mogelijk zou zijn geweest, niet is ingetreden en waarom zij het op een later ogenblik ineens wel deed. Men kan de vraag ook in deze vorm kleden of er eigenlijk een specifiek groeitempo voor een wetenschap bestaat en, zo ja, waardoor dit bepaald wordt.

Ongetwijfeld zal men bij de beantwoording van dergelijke vragen altijd rekening moeten houden met de samenwerking van een groot aantal factoren, die deels van intern-wetenschappelijke, deels van sociaal-economische, deels van politiek-historische aard zijn. Wie erin slaagt enkele van deze factoren aan te wijzen zal nooit mogen vergeten dat hij steeds talrijkere andere buiten beschouwing laat.

Met dit voorbehoud mogen hier enkele omstandigheden worden opgenoemd die de ontwikkeling van de mathematisch-empirisch behandelde natuurwetenschap in de Middeleeuwen ongetwijfeld hebben vertraagd. Daar was vooreerst de van de Griekse denkers overgeërfde onderschatting van de moeilijkheid der in het natuuronderzoek ondernomen taak, zich uitend in de opstelling van hypothesen zonder dat een voldoend omvangrijk en nauwkeurig, door waarneming en proefneming verworven ervaringsmateriaal ter beschikking stond; voorts het overheersend kwalitatief karakter van de algemeen aanvaarde aristotelische fysica, dat de uitvoering van fysische metingen weliswaar niet principieel uitsloot (men besteedde immers aandacht aan intensiteitsveranderingen van kwaliteiten) maar toch ook niet uitlokte; vervolgens de moeilijkheden verbonden aan de schepping van een methodiek van het experiment; maar vooral - en dit is voor ons speciale onderwerp van belang - de geringe ontwikkeling van de algebra en het praktische rekenen, die beide nog steeds te lijden hadden onder de gevolgen van het exclusief-geometrische karakter dat de Griekse wiskunde onder pythagoreïsch-platoonse invloed verkregen had. Eerst in de zeventiende eeuw hebben deze beide takken der wiskunde een hoogte bereikt waarop zij gelijkwaardig naast de meetkunde konden staan, maar daarna heeft het nog lang geduurd voordat men in de natuurwetenschap van hun ontwikkeling partij leerde trekken.

De vooruitgang op de andere genoemde punten is ongetwijfeld sneller en duidelijker geweest. Men slaagde er zij het ook ten koste van veel strijd en moeite in zich op het gebied van de fysica eerst en op dat der chemie later te ontworstelen aan de seculaire invloed van het aristotelische denken; men kreeg meer besef voor de rijkdom en voor de complicatie der natuurver-

schijnselen en men begon tussen natuurwetenschap en techniek het verband te leggen waarvan beide in de komende eeuwen in zo hoge mate zouden profiteren.

Wanneer nu door al deze en dergelijke oorzaken de natuurwetenschap zich in de zestiende en zeventiende eeuw in sneller tempo begint te ontplooien, trekt het de aandacht hoe nauw zij na een tussentijd van zo vele eeuwen aansluit bij het stadium van ontwikkeling waarin de Grieken haar hadden achtergelaten. Als eerste vertegenwoordiger der nieuwe wetenschap zet Copernicus de beoefening der astronomie geheel in de antieke geest voort; hij wijzigt het standpunt van waaruit de hemelverschijnselen beschouwd worden, maar de toegepaste methode blijft dezelfde en hij stelt er zelfs een eer in dat hij het platoons axioma strenger in acht neemt dan Ptolemaeus gedaan had. Tegen het einde van de zestiende eeuw knoopt Stevin in zijn onderzoekingen over statica en hydrostatica onmiddellijk bij Archimedes aan. Hij omschrijft de 'weeghconst', dat is de leer van het evenwicht, als een 'besonder vrie wisconst'[11] en hij geeft dan ook een axiomatische behandeling van de statica van een vast lichaam met een onbeweeglijk punt die geheel binnen het archimedische, dat is het euclidische kader verloopt. Van het ideale karakter van het opgebouwde systeem blijkt hij zich volledig bewust te zijn; herhaaldelijk legt hij de nadruk op het verschil tussen wat 'wisconstelick ghenomen' geldt en wat 'natuerlick verstaen', dus in de fysische werkelijkheid, waar is.[12] Het beroemde clootcransbewijs voor de wet van het hellend vlak is zo volkomen in de ideale sfeer geconcipieerd dat aan de kennelijke onmogelijkheid de beschreven situatie fysisch te realiseren zelfs geen woord gewijd wordt.[13] Nu was Stevin, evenals zijn grote Syracusaanse voorganger, niet alleen 'spiegelaar' maar ook 'doender' en men verwacht bij hem dus ook aandacht voor de vraag in welke mate nu de fysische realiteit van de ideale theorie zal afwijken. Merkwaardig genoeg wordt die verwachting nauwelijks vervuld. Hij voegt weliswaar aan zijn *Weeghconst* een *Weeghdaet* toe, waarin de theorie van het eerste werk praktisch wordt toegepast,[14] maar de daarin behandelde werktuigen blijven evenzeer in het ideale als de molens waarvoor hij in een afzonderlijk geschrift als eerste in de geschiedenis een kwantitatieve theorie ontwikkelt.[15] Hij vestigt er wel meer dan eens de aandacht op dat bij werkelijke toestellen alles niet zo mooi uitkomt als de theorie der *Weeghconst* leert, maar men krijgt de indruk dat hij de mate der afwijking sterk onderschat.

Zoals Stevin het de statica had gedaan behandelt Galilei de verschijnselen

11 Simon Stevin, *De Beghinselen der Weeghconst* (Leiden 1586). *Anhang*, Hooftstuck III. *Dat de Weeghconst een besonder vrie Wisconst is*.
12 Zo bijvoorbeeld *Weeghconst* I. Vertooch 4. Voorstel 8.
13 *Weeghconst* I, Vertooch 11. Voorstel 19.
14 Simon Stevin, *De Weeghdaet* (Leiden 1586).
15 Simon Stevin, *Van de Molens* (Amsterdam 1884).

van val en worp.[16] Steunend op de *lex parsimoniae* stelt hij als axioma dat de snelheid van een uit rust vrij vallend lichaam evenredig is met de sedert het begin der beweging verstreken tijd en leidt daaruit langs mathematische weg een betrekking tussen weg en tijd af. Een nieuw axioma stelt hem in staat ook de valbeweging op hellende vlakken te behandelen; hierdoor krijgt hij een mogelijkheid voor empirische verificatie van de valwet, die ook inderdaad wordt uitgevoerd. De gehele theorie van val en worp wordt dan echter verder volmaakt idealiter opgebouwd. De experimentele verificatie van de ontwikkelde theorie van de worp zal eerst later door de Accademia del Cimento worden uitgevoerd. Hiervan afziende kan men echter zeggen dat Galilei de volledige resolutorisch-compositorische methode voortdurend in volle bewustheid toepast.

In haar zuiverste vorm vertoont deze zich echter ook nu weer in het vak dat van oudsher het methodische voorbeeld in het natuuronderzoek was geweest, de astronomie, en wel met name in de onderzoekingen over planetenbeweging van Kepler. Wanneer deze na jarenlang proberen moet vaststellen dat bij behandeling van het door Tycho bijeengebrachte ervaringsmateriaal op grond van het platoons axioma en volgens de methoden der ptolemaeïsche astronomie tussen de consequenties der opgestelde hypothese en bepaalde bij de opstelling daarvan niet gebruikte meetresultaten een verschil van acht boogminuten blijft bestaan[17], durft hij het als eerste aan dit axioma te verwerpen en nieuwe mathematische hulpmiddelen voor de voorstelling der planetenbeweging in te voeren. Hij generaliseert in de naar hem genoemde wetten de platoonse cirkel tot de ellips en de constante lineaire snelheid tot de constante perksnelheid.

Bij de voortgaande ontwikkeling van de mathematische natuurwetenschap kon uiteraard de vraag naar de betrekking tussen de fysische werkelijkheid en het mathematische beeld dat de theorie ernaast plaatste, met steeds meer recht gesteld worden. In de Oudheid had zij betrekking gehad op de meetkunde van Euclides, de mechanica van Archimedes en de astronomie van Ptolemaeus; thans betrof zij ook de verschijnselen van val en worp, weldra ook cirkelbeweging en botsing, warmteleer en optica. Het oude meningsverschil over de relatie van idee en fysische realiteit, dat in de Middeleeuwen de vorm van het probleem der universalia had aangenomen, herleefde in de kwestie van de ware betekenis van de mathematisering der natuurwetenschap. En voor de beantwoording stond weer de drieledige mogelijkheid ter beschikking waarmee globaal gesproken het probleem der universalia was opgelost. Met het platoonse standpunt van de *universalia ante rem* correspondeert de opvatting van de natuur als onvolkomen realisering van een ideale, i.c. mathematische

16 Bewijsplaatsen bij E.J. Dijksterhuis, *Val en worp. Een bijdrage tot de ontwikkelingsgeschiedenis der mechanica van Aristoteles tot Newton* (Groningen 1924). Hoofdstuk IV.

17 Johannes Kepler, *Astronomia Nova* II 19. *Johannes Keplers Gesammelte Werke*, herausgegeben von Max Caspar. III (München 1937) p. 178.

gedachtenwereld; met het aristotelische van de *universalia in re* die van de door abstractie uit de ervaring ontstane idealisering; met het nominalistische van de *universalia post rem* die van een praktisch hulpmiddel voor een benaderende beschrijving van de werkelijkheid waaruit alles wordt weggelaten wat voor het denken in de gegeven situatie nog te moeilijk is of wat ter bereiking van het gestelde doel niet in aanmerking genomen behoeft te worden, maar waaraan generlei zelfstandige betekenis mag worden toegekend.

Het is niet waarschijnlijk dat alle onderzoekers die in de loop van de zeventiende eeuw gezamenlijk de grondslag hebben gelegd voor de latere bloei der natuurwetenschap een bepaald standpunt ten aanzien van deze vragen zullen hebben ingenomen. Een der allergrootsten echter, Kepler, heeft er een ondubbelzinnig antwoord op gegeven. De grondgedachte van Plato's *Timaios* overnemend en uitwerkend, zet hij uiteen dat God zich bij de schepping der wereld door mathematische overwegingen heeft laten leiden doordat Hij het oog gericht hield op zekere λόγοι κοσμοποιητικοί, wereldvormende verhoudingen.[18] Tevens echter heeft Hij de menselijke geest zo geschapen dat deze in staat is kwantitatieve relaties te onderkennen. Dat is zelfs zijn eigenlijke functie. Zoals het oog op het zien van kleuren is ingesteld en het oor op het horen van geluiden is het verstand van de mens *ad quanta intelligenda condita*, voor het kennen van quanta, hoeveelheden, ingericht[19]; in het mathematische systeem dat naar aanleiding van de waargenomen verschijnselen wordt opgesteld is daardoor niet alleen alles vervat wat de mens van de natuur te begrijpen gegund is, maar hij kan er ook van verzekerd zijn dat hij door die opstelling een blik mag slaan in het goddelijk scheppingsplan. Het menselijk verstand is Gods geestelijk beeld, zoals de wereld zijn stoffelijk beeld is. Daarop berust 's mensen vermogen de natuurwetenschap te beoefenen.

Evenals voor Plato bestaat er dus ook voor Kepler een ideale wereld, die een hogere realiteit bezit dan de empirische waarin zij stoffelijk is nagebootst en ook voor hem bestaat de functie die de empirie in het natuuronderzoek vervult daarin dat zij ons aanleiding geeft ons te bezinnen op een weten dat ons denken op grond van zijn goddelijke oorsprong reeds bezit.

In het licht van de grote vooruitgang die de natuurwetenschap in de zeventiende eeuw door de toepassing van de hypothetisch-deductieve methode, dat wil zeggen door een harmonische samenwerking van empirisch onderzoek en mathematische systeemvorming, wist te bereiken, wekt het verwondering dat als kenmerkende uitdrukking voor haar werkwijze steeds meer de term ‘experimentele methode’ in zwang komt, die slechts een van haar

18 Johannes Kepler, Brief van 19/29 augustus 1599 aan Michael Mästlin. *Gesammelte Werke* XIV (München 1949) p. 46. *Harmonice mundi* passim. Gesammelte Werke VI (München 1940).

19 Johannes Kepler, Brief van 9 april 1597 aan Michael Mästlin. Gesammelte Werke XIII (München 1945) p. 113.

twee componenten aanduidt. Het is waarschijnlijk dat wij hier te maken hebben met een symptoom van de machtige invloed die Francis Bacon door zijn briljant geformuleerde beschouwingen over de methode der natuurwetenschap in de zeventiende eeuw en nog lang daarna op het denken heeft uitgeoefend.[20] In die beschouwingen valt namelijk een eenzijdige nadruk op het empirisch element terwijl de onontbeerlijke functie der wiskunde over het hoofd wordt gezien. In overeenstemming daarmee is ook het door hem aanbevolen lijstenprocédé voor de systematische verzameling van ervaringsfeiten niet meer dan een allerbedenkelijkste verschraling van de methode die alleen doeltreffend zou blijken. Hier wordt niet alleen de dienst der wiskunde miskend maar tevens de creatieve prestatie die in de opstelling van een vruchtbare hypothese verricht wordt. Het is opmerkelijk dat een soortgelijke onvolledigheid in de naamgeving zich in de negentiende eeuw, waarin de filosofie der natuurwetenschap opnieuw sterke baconiaanse trekken vertoonde, herhaald heeft in de toen veel toegepaste omschrijving van de natuurwetenschappelijke methode als empirisch-inductief.

Nadat de hypothetisch-deductieve methode in de zeventiende eeuw de natuurwetenschap reeds de grote winst bezorgd had die in het werk van de hier genoemde onderzoekers en van talrijke andere besloten ligt, bleek zij tegen het einde der eeuw nog vatbaar voor een aanzienlijke verruiming van haar draagwijdte. Men had tot dusver steeds aan natuurwetenschappelijke verklarings-hypothesen de eis gesteld dat zij zo evident mogelijk moesten zijn en in ieder geval in die zin van het woord aanschouwelijk dat zij pasten in de voorstellingskring die door de normale zintuiglijke ervaring van het dagelijks leven geschapen werd. In overeenstemming hiermee werd in de twee grote zeventiende-eeuwse corpusculairtheorieën, de gassendistische en de cartesiaanse, geen andere wijze van inwerking van materiële deeltjes op elkaar aangenomen dan die in onderling contact, door druk of stoot, wordt uitgeoefend, juist het type van inwerking dus dat men voortdurend in het groot kon waarnemen. Men kan bij onderzoekers als Robert Boyle en Christiaan Huygens vaststellen hoezeer deze corpusculairtheoretische opvatting, die men ook wel als de mechanische betitelde, het gehele denken der toenmalige fysici beheerste en hoe zij in dit kenmerk het beslissende onderscheid met de middeleeuwse natuurwetenschap zagen. Het was een opvatting die vooral door Descartes met klem verdedigd was. Een natuurwetenschappelijke theorie moest naar zijn mening een mechanisch model van de fysische werkelijkheid leveren, dat eventueel door een handig knutselaar in elkaar zou kunnen worden gezet en dat dan de werkingswijze der natuur *ad oculos* zou demonstreren.

Nu voerde echter Newton in zijn gravitatietheorie de onderstelling in dat elk tweetal materiële deeltjes in het heelal elkaar zou aantrekken met gelijke langs hun verbindingslijn tegengesteld gerichte krachten, waarvan de grootte

20 E.J. Dijksterhuis, *De mechanisering van het wereldbeeld* (Amsterdam 1950). §§ 183-193.

omgekeerd evenredig zou zijn met het vierkant van de afstand der punten. En hij slaagde erin op grond van deze hypothese hemelse en aardse bewegingsverschijnselen als uitvloeisels van eenzelfde algemene natuurwet op te vatten. Ondanks de belangrijke resultaten die ermee behaald bleken te kunnen worden wekte de theorie principieel verzet en wel op deze grond dat men zich geen voorstelling kon maken van de wijze waarop een lichaam hier over een lege ruimte heen op een lichaam ginds zou kunnen inwerken.

Newton had dit bezwaar echter in de *Principia* bij voorbaat van de hand gewezen door te verklaren dat zijn gravitatie niet als een *causa physica* moest worden beschouwd maar als een *causa mathematica*.[21] Wat hij beoogde was niets anders dan wat de astronomen te allen tijde beoogd hadden, namelijk een zo eenvoudig mogelijke en zoveel mogelijk omvattende mathematische beschrijving van het verloop der verschijnselen geven. Door die beschrijving echter in te kleden in de schilderachtige kracht-terminologie, die wegens het feit dat wij zelf werkingen kunnen uitoefenen en ondergaan die wij als krachten betitelen altijd een sterke illusie van aanschouwelijkheid en daardoor van begrijpelijkheid wekt, vestigde hij de indruk als zouden de planeet-bewegingen, de aardse getijden en de bewegingen van vallende en voortgeworpen lichamen nu in die zin verklaard zijn dat het duidelijk was geworden hoe zij tot stand komen. In feite was dat natuurlijk allerminst het geval: termen als gravitatie en attractie kunnen evenmin iets begrijpelijk maken als de scholastieke wijsgerige woorden substantiële vorm en kwaliteit of de zeventiende-eeuwse mechanische druk en stoot. Zelf heeft Newton geen ogenblik de illusie bezeten dat zij dat wel zouden doen. Hij noemt *actio in distans* zelf uitdrukkelijk fysisch absurd[22], maar dat weerhoudt hem er niet in het minst van er in een mathematische theorie van een natuurverschijnsel gebruik van te maken.

Door aldus afstand te doen van de eis van aanschouwelijke voorstelbaarheid en aan een hypothese geen andere voorwaarden op te leggen dan dat zowel de van tevoren bekende feiten als nieuwe, voor empirische controle vatbare conclusies eruit gededuceerd kunnen worden, heeft Newton de mogelijkheden van de empirisch-mathematische methode van natuuronderzoek aanzienlijk uitgebreid en tevens het inzicht in haar wezen sterk verhelderd. In de zeventiende eeuw had men verklaringen met behulp van contactwerking van materiële corpuscula overtuigend gevonden omdat men de verschijnselen van druk en stoot, waarmee men in het dagelijks leven vertrouwd was, als voldoend begrijpelijk beschouwde. Die opvatting had onder meer in de geniale handen van Christiaan Huygens tot belangrijke resultaten geleid. Voor de

21 Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Definitio VIII.

22 Zie bijvoorbeeld de derde brief aan Bentley, geciteerd bij L. Trenchard More, *Isaac Newton* (New York-London 1934) p. 379 en bij René Dugas, *La mécanique au XVIIe siècle* (Neuchâtel 1954) p. 433.

verdere ontwikkeling van de fysica was het echter van uitnemende betekenis dat Newton de binding aan het macroscopisch vertrouw de principieel ophief.

Reeds spoedig deed zich nu echter het merkwaardige verschijnsel voor dat hetzelfde gravitatiebegrip dat bij zijn opstelling door geen geringeren dan Leibniz en Huygens als essentieel niet-mechanisch verklarings beginsel en als terugval in de occulte kwaliteiten der scholastiek gebrandmerkt was, de natuuronderzoekers zo vertrouwd en bekend begon voor te komen dat zij het als fundamenteel principe aan zoveel mogelijk gebieden der natuurwetenschap ten grondslag trachtten te leggen en het juist als een typisch-mechanisch beginsel gingen beschouwen. Na de grote wijzigingen die het fysisch denken in de twintigste eeuw doorliep kon men zelfs van tijd tot tijd een zeker heimwee naar de aanschouwelijkheid van de klassieke fysica vaststellen, die in het bijzonder betrekking had op newtoniaanse voorstellingen die toen zij voor het eerst werden uitgesproken als het summum van onvoorstelbaarheid waren beschouwd. Zozeer blijkt het oordeel over de toelaatbaarheid en hanteerbaarheid van een wetenschappelijk begrip af te hangen van de mate waarin men ermee vertrouwd is geraakt, die op haar beurt bepaald wordt door het wetenschappelijk milieu waarin men is opgevoed. Voortdurend leert een jongere generatie begrippen en voorstellingen die grote voorgangers aarzelend en onder oppositie van tijdgenoten hadden ingevoerd spelenderwijs hanteren om ze daarna ook weer moeizaam verder te ontwikkelen. Het is deze collectieve groei van het menselijk denken die de vooruitgang der wetenschap mogelijk maakt.

Dat de door Newton bewerkte verruiming van de mathematisch-empirische methode de principiële betekenis bezat dat thans het doel van een natuurwetenschappelijke theorie omschreven kon worden als het geven van een mathematische beschrijving van het verloop van een natuurverschijnsel - steeds natuurlijk met het voorbehoud dat die beschrijving aanleiding moest geven tot empirisch verifieerbare gevolgtrekkingen - mag vooral niet zo worden verstaan als zou deze opvatting na hem algemeen aanvaard zijn. Integendeel, het cartesiaanse verlangen naar zogenaamde mechanische modellen van de fysische toedracht bleek bij vele natuuronderzoekers van de negentiende eeuw, waaronder van de allergrootste, onverzwakt voort te bestaan. De geschiedenis van de ether-theorieën levert er een sprekend voorbeeld van. Het ziet er echter wel naar uit dat in de twintigste eeuw de newtoniaanse opvatting steeds meer de overhand heeft gekregen.

Aan de andere kant was reeds in het begin van de negentiende eeuw een mogelijkheid geopend de door Newton ingeslagen weg verder te vervolgen. Wanneer men bij het opstellen van een natuurwetenschappelijke theorie niet langer gebonden is aan fysische aanschouwelijkheid is men het uiteraard evenmin aan geometrische voorstelbaarheid. Toen dus eenmaal de niet-euclidische en meerdimensionale meetkunden geconstrueerd waren, was een verruiming van de mathematische beschrijvingsmiddelen van fysische proces-

sen in beginsel gegeven. Het zou echter tot in de twintigste eeuw duren voordat van deze nieuwe middelen gebruik zou worden gemaakt. Zoals zo vaak in de geschiedenis werd ook toen vooruitgang verkregen door ontworsteling aan zekere beperkingen die door de Griekse grondleggers aan het mathematisch-fysisch denken waren opgelegd. Het is niet onmogelijk dat de emancipatie van onze sterke binding aan het Helleense denken nog verder zal moeten gaan om een voortdurende bloei van de natuurwetenschap te waarborgen.[23]

Maar dit is al geen historische uitspraak meer en de wetenschapsgeschiedenis blijkt dus, althans voor dit uur, aan het eind te zijn gekomen van wat zij ons over de toepassing van de wiskunde in de natuurwetenschap te zeggen had. Een diepergaande behandeling zou ongetwijfeld veel meer gegevens over hun samenwerking aan het licht kunnen brengen; zij zou ook kunnen laten zien hoe rijkelijk de wiskunde zich voor de onmisbare diensten die zij aan de natuurwetenschap bewezen heeft beloond heeft gezien door de inspirerende werking die van de opdrachten die zij te vervullen kreeg op haar eigen ontwikkeling is uitgegaan. Principieel nieuwe gegevens ter oplossing van het probleem dat in het begin van deze rede gesteld werd zouden daarbij echter waarschijnlijk niet verkregen worden.

Zal nu de wetenschapsleer erin slagen zelf de functie die de wiskunde in de natuurwetenschap vervult geheel op te helderen, zal zij kunnen verklaren hoe het komt dat wij de natuurwetenschap met behulp van de wiskunde kunnen beoefenen?

Dat hangt ervan af wat men onder een verklaring verstaat; vermoedelijk zal het antwoord er een zijn van het type waarmee Nietzsche, sprekend over Kants antwoord op de vraag hoe synthetische oordelen *a priori* mogelijk zijn, de spot drijft: 'Vermöge eines Vermögens'.[24] De menselijke geest - zal de slotsom wellicht luiden - is, mits hij zich eerst aandachtig openstelt voor wat een onbevangen en onbevooroordeelde waarneming hem leert, in staat de werkingswijze der natuur af te beelden in een mathematisch systeem dat het hem mogelijk maakt te voorspellen wat er onder bepaalde bewust gekozen omstandigheden gebeuren zal. Maar dat is dan in wezen hetzelfde wat wij Kepler in theologische inkleding hoorden betuigen: de menselijke geest, *ad quanta intelligenda condita*, zal door de natuurwetenschap met behulp van de wiskunde te beoefenen van de schepping datgene begrijpen wat hem daarvan te begrijpen gegeven is: *geometriae vestigia in mundo expressa*, de voetsporen der mathesis die in de wereld staan uitgedrukt.

Aan het einde van deze rede gekomen moge ik allereerst mijn eerbiedige dank betuigen aan Hare Majesteit de Koningin dat het haar heeft behaagd mij tot

23 Erwin Schrödinger, *Nature and the Greeks* (Cambridge 1954).
24 Friedrich Nietzsche, *Jenseits von Gut und Böse. Werke* (Taschen-Ausgabe, Kröner) 8, 20.

buitengewoon hoogleraar aan de universiteit te benoemen.

Mijne heren curatoren,

Voor het vertrouwen dat gij in mij gesteld hebt door mij voor de bekleding van deze leerstoel voor te dragen zeg ik u van harte dank. Ik zal ernaar streven dit vertrouwen niet te beschamen.

Dames en heren hoogleraren, leden van de Academische Senaat,

Ik ben ervan overtuigd dat gij mij de mogelijkheid tot het verwerven van de geestelijke winst zult willen openen die uit de omgang met u kan voortvloeien.

Dames en heren hoogleraren, leden van de Faculteiten van Letteren en Wijsbegeerte en van Wis- en Natuurkunde,

Het stemt mij tot erkentelijkheid dat ik tot uw beide faculteiten mag behoren. Ik twijfel er niet aan of ik zal mij in beide even goed thuis voelen en aanleiding tot dankbaarheid hebben voor het veelzijdig contact dat mij geboden wordt. Het feit dat ik dit voorrecht aan twee universiteiten geniet zal echter helaas ten gevolge hebben dat dit contact niet zo veelvuldig zal kunnen zijn als ik wel gaarne zou wensen.

Waarde Van Groningen**[*]**,

Van het ogenblik af dat ik kennis maakte met de klassieke Oudheid heeft uw studievak een bekoring op mij uitgeoefend die ik alleen daarom niet onweerstaanbaar mag noemen omdat ik haar ten slotte toch weerstaan heb en in de moeilijke keuze tussen Grieks en wiskunde aan de laatste de voorkeur heb gegeven. Steeds heb ik echter de liefde voor de Helleense cultuur behouden en in de bewondering waarmee ik steeds uw wetenschappelijke loopbaan heb gevolgd mengde zich daardoor altijd een zekere wroeging om eigen ontrouw. Door mijn werk voor een belangrijk deel op Griekse wiskunde en natuurwetenschap te concentreren heb ik getracht toch niet geheel af te dwalen van het pad waarop u zich steeds bent blijven bewegen. Ik verheug mij over de thans geopende mogelijkheid dit pad verder ten dele met u te kunnen bewandelen.

Dames en heren studenten in de Faculteiten van Wis- en Natuurkunde en van Letteren en Wijsbegeerte,

Er bestaat voor u niet de geringste verplichting de vakken die ik doceren zal te beoefenen. Ideëel bezien is dat de schoonste toestand die in het onderwijs denkbaar is, omdat iedere gedachte aan dwang is uitgesloten en het slechts

zuivere weetdorst is die de band tussen leerling en docent knoopt. Dat de reële situatie in de praktijk van het universitaire onderwijs zo idyllisch niet is, althans gedurende een gehele cursus niet blijft - daarvan ben ik mij ten volle bewust.

Dit bewustzijn zal er mij niet van weerhouden er steeds opnieuw naar te streven u, studenten in de Faculteit van Wis- en Natuurkunde, door een historische behandeling van uw studievakken de grondslagen daarvan dieper te helpen verstaan en u tevens de bekoring van historische werkzaamheid te doen gevoelen; en u, studenten in de Faculteit van Letteren en Wijsbegeerte, in de geschiedenis een weg te openen tot het gebied der exacte wetenschappen dat u anders tot schade voor uw geestelijke vorming wellicht steeds vreemd zou blijven.

Ik heb gezegd.

Eindnoten:

1 Zo besprak Dijksterhuis in de jaargang 1940 van *De Gids* zowel P.J. Hoenen, S.J., *Philosophie der anorganische natuur* (onder de titel 'Aristoteles reviviscens') als R. von Mises, *Kleines Lehrbuch des Positivismus. Einführung in die empiristische Wissenschaftsauffassung* (*De Gids* 104 (1940) I, 51-66; III, 183-185). Door toedoen van Dijksterhuis kreeg ook de jonge logicus E.W. Beth (de zoon van H.J.E. Beth, met wie Dijksterhuis in verschillende onderwijscommissies had gezeten) publikatiemogelijkheden in *De Gids*.

2 Dijksterhuis heeft zich ook niet verdiept in het werk van misschien de enige filosoof die zich in zijn eigen tijd expliciet met de problematiek van de mathematisering van de natuurwetenschap heeft beziggehouden op een manier die Dijksterhuis congeniaal hadden kunnen vinden, Edmund Husserl. In diens in 1936 verschenen *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendentale Phänomenologie* wordt gesproken over 'indirekte Mathematisierung', waaronder het zodanig in de geest omvormen van de werkelijkheid wordt verstaan dat deze voor wiskundige bewerking in aanmerking komt. (Ik dank deze referentie aan drs. G. Alberts te Amsterdam.)

* Van Groningen: B.A. van Groningen (1894-1989) studeerde klassieke talen in Brussel en Groningen, in welke stad hij in 1921 promoveerde. Van 1929 tot 1964 was hij hoogleraar Griekse taal- en letterkunde in Leiden. Hij was ook jarenlang redactielid van *De Gids*. Bij het afscheid en het overlijden van Dijksterhuis schreef Van Groningen, die Dijksterhuis al in Groningen had leren kennen, enkele artikelen.

De intrede der wiskunde in de natuurwetenschap

Toen Dijksterhuis in 1932 werd benoemd tot privaatdocent in de geschiedenis van de exacte wetenschappen te Leiden, kwam hij in een omgeving terecht waarin zijn streven om de kloof tussen de natuurwetenschappen en de literaire cultuur te overbruggen met behulp van de wetenschapsgeschiedenis op een positief onthaal kon rekenen. Zijn aantreden in Leiden viel namelijk samen met het begin van een reeks colleges onder de gemeenschappelijke titel 'Wereldbeeld en wetenschap omstreeks 1700', waarin van verschillende zijden, zo stond het in de aankondiging, 'de intrede van de natuurwetenschap als cultuurfactor in de na-middeleeuwse beschaving' werd belicht. Deze avondcolleges, die voor een ruim publiek waren bestemd, hadden tot doel 'aan hen die de humaniora beoefenen te doen zien hoe de natuurwetenschap een integraal bestanddeel van onze moderne beschaving geworden is, en aan hen die de natuurwetenschap beoefenen hoezeer die ontwikkeling in aard en richting beïnvloed werd door godsdienstige, filosofische en maatschappelijke stromingen'. Ook Dijksterhuis nam een lezing voor zijn rekening: op 6 december sprak hij over de 'toepassing van de wiskunde in het natuuronderzoek'. Ruim een jaar later werd de voordracht onder een gewijzigde titel gepubliceerd in *De Gids*.[1]

Het initiatief tot het houden van de lezingen was uitgegaan van twee Leidse hoogleraren, de historicus J. Huizinga en de botanicus L.G.M. Baas Becking. Huizinga mag wel de grote animator van de reeks genoemd worden; hij nam maar liefst vier van de veertien lezingen voor zijn rekening. Maar ook de bijdrage van de tweede initiatiefnemer, Baas Becking, moet niet onderschat worden. Over het algemeen wordt de kloof tussen alfa en bèta vooral als pijnlijk ervaren door de beoefenaars van de natuurwetenschappen en dat geldt ook in dit geval. Huizinga mag misschien op grond van zijn vooraanstaande academische positie de meeste mogelijkheden hebben gehad om het initiatief van de grond te krijgen, uit zijn geschriften blijkt niet dat hij aan de kloof tussen de beide culturen werkelijk geleden heeft. Een dergelijke formulering is meer van toepassing op Baas Becking.

L.G.M. Baas Becking (1895-1963) was in 1930 na een jarenlang verblijf in de Verenigde Staten (hij was verbonden geweest aan Stanford University in Californië) hoogleraar plantkunde in Leiden geworden. Daarvoor was hij al eens een jaar gasthoogleraar in Utrecht geweest en uit die periode (het ging om het academisch jaar 1927-1928) dateert een artikel van zijn hand dat vrij nauwkeurig weergeeft hoe hij dacht over de culturele positie van de natuurwetenschappen. Dat artikel verscheen in 1928 in *De Gids* onder de op het eerste gezicht wat raadselachtige titel 'Atheners en Boeotiërs. Een boutade en een apologie'. Bij lezing blijkt het om een aanklacht te gaan tegen de vooral van de kant van de beoefenaars van de humaniora in stand gehouden kloof tussen wat hij noemt 'twee richtingen van algemene geestelijke vorming, de humanistische en de

natuurwetenschappelijke'. De Atheners (de alfa's) beoefenen de geesteswetenschappen, de Boeotiërs (de bèta's) de natuurwetenschappen; de eersten redetwisten op het marktplein over het heil der mensheid, de laatsten slaan de hand aan de ploeg en maken dat geredekavel mogelijk. De Boeotiërs hebben het echter moeilijk om hun activiteiten als volwaardige cultuuruitingen aanvaard te krijgen. Terwijl de dienaren van de natuurwetenschappen alles horen te weten van de filosofie en de literatuur, van Aristoteles tot Zeno en van Ariosto tot Zola, geldt zo'n eis niet omgekeerd voor de beoefenaars van de geesteswetenschappen. De oorzaak daarvan ligt voor een belangrijk deel in de overgrote nadruk die de pleitbezorgers van de natuurwetenschap zelf soms op het nut van hun werk hebben gelegd. Die nadruk op het utiliteitsprincipe verduisterde de onmiskenbaar ethische, esthetische en zelfs religieuze aspecten van de natuurwetenschap, die op grond daarvan tot de cultuur gerekend zou moeten worden. Waar Baas Becking nu voor pleitte was erkenning van de geestelijke en culturele waarde van de natuurwetenschap, want alleen op die manier zou uit een combinatie van oude geesteswetenschap en nieuwe natuurwetenschap een waarlijk moderne, twintigste-eeuwse cultuur kunnen worden opgebouwd.[2]

Zoiets was Dijksterhuis uit het hart gegrepen; hij had op zijn manier ook al vaak op de heilloze kloof tussen bijvoorbeeld de klassieke en de natuurwetenschappelijke opleiding gewezen. Het mede van Baas Becking uitgegane initiatief voor een collegereeks over de geschiedenis van de vroeg-moderne wetenschap zal daarom zijn hartelijke steun hebben gehad. De veronderstelling is niet al te gewaagd dat de reeks een belangrijke impuls heeft gegeven aan zijn eigen streven om met behulp van de wetenschapsgeschiedenis iets aan die kloof tussen alfa en bèta te doen. Het is altijd goed te weten dat men niet alleen staat.

Alleen al om die reden komt de voordracht over de intrede van de wiskunde in de natuurwetenschap een aparte plaats toe in het werk van Dijksterhuis. Maar ook om inhoudelijke redenen verdient de lezing bijzondere aandacht. Na zijn promotie had Dijksterhuis eerst vooral gepubliceerd over de geschiedenis van de mechanica, het vak waarin hij afgestudeerd was. *Val en worp* uit 1924 was de belangrijkste publikatie uit die periode. Daarna had hij zich weliswaar intensief beziggehouden met de geschiedenis van de Griekse wiskunde, maar de mechanica bleef in zijn visie op de geschiedenis van de natuurwetenschap de centrale wetenschap, waar uiteindelijk alles om draaide. De grootse uitwerking van die gedachte zou pas na de oorlog komen, in *De mechanisering van het wereldbeeld*, maar de voordracht over de intrede van de wiskunde in de natuurwetenschap van 1932 was er in zekere zin de eerste voorstudie van. Hier treedt hij voor het eerst buiten het terrein van de wiskunde en de mechanica om te laten zien hoe deze wetenschappen als voortrekker hebben gefungeerd voor de natuurwetenschap als geheel. De voordracht en het artikel markeren dus een belangrijke overgang in het hele oeuvre van Dijksterhuis.

De intrede der wiskunde in de natuurwetenschap

I

In het hier volgende opstel, waarin een der voordrachten die in de cursus 1932-1933 aan de Leidse universiteit onder de algemene titel *Wereldbeeld en wetenschap omstreeks* 1700 zijn gehouden met enkele vorm wijzigingen wordt weergegeven, wordt getracht de vraag te beantwoorden waar en hoe de wiskunde toepassing heeft kunnen vinden in de natuurwetenschap der zeventiende eeuw en welke invloed daarvan op het wetenschappelijk denken in het algemeen is uitgegaan. Daarbij zullen, met het oog op de impopulariteit der wiskunde buiten de kringen der mathematisch geschoolden*, op één uitzondering na, alle mathematisch-technische uiteenzettingen worden vermeden, terwijl de bezwaren die uit de grote omvang van het onderwerp voortvloeien, ondervangen zullen worden door beperking tot de grote lijnen en de principiële gezichtspunten.

Om die grote lijnen reeds dadelijk vast te leggen knopen we aan bij een bekende passage uit een geschrift van Descartes over de methodiek van het wetenschappelijk denken, de *Regulae ad directionem ingenii*, waarin hij de kenmerken opsomt waaraan een gebied van ons weten moet voldoen om vatbaar te zijn voor mathematische behandeling. Die vatbaarheid bestaat wanneer het bestudeerde gebied kan worden onderworpen aan *ordo* of *mensura*, dat wil zeggen wanneer men de oordelen die men erover uitspreekt, kan rangschikken in deductieve ketens of wanneer men tussen de optredende grootheden kwantitatieve relaties kan vestigen die een algebraïsche behandelingswijze toelaten. Dit is een omschrijving die met enige wijziging en uitbreiding tot in onze tijd dienst kan doen: alles wat zich leent tot een van de twee behandelingswijzen, die we door de kenwoorden axiomatisering en algoritmisering kunnen aanduiden, wordt *eo ipso* getrokken binnen de sfeer der mathesis. Wiskunde toch beduidt veeleer een stijl van ons denken dan een gebied van ons weten en ze kan ook, onafhankelijk van de aard der behandelde stof, overal daar toepassing vinden waar men axiomata kan opstellen die uitgangspunt van deductieve redeneringen kunnen zijn en waar men eigenschappen of relaties van kwalitatieve of kwantitatieve aard kan voorstellen door symbolen, die aan een systeem van verbindingsregels, dat in gegeneraliseerde zin van het woord een algorithmus moge heten, kunnen worden onderworpen.

Past men deze algemene beschouwingswijze toe op de natuurwetenschap der zeventiende eeuw, dan vinden we in hoofdzaak twee gebieden waarop de wiskunde in de omschreven zin onmiddellijk toepasbaar kon zijn en waarop ze dan ook inderdaad toegepast is. Het zijn de mechanica van vaste en vloeibare lichamen en de optica, twee vakken die te zamen op de eerste blik wellicht slechts een klein gedeelte van het gehele, hemel en aarde, levende en dode materie omvattende gebied der natuurwetenschap zullen schijnen te vormen, maar die, zoals het verdere verloop der geschiedenis zou leren, beide juist wegens hun vroegtijdige mathematische ontwikkeling voor dat geheel van fundamentele betekenis zijn geweest. Ik zal om het doel van dit artikel, dat niet bestaat in het nastreven van encyclopedische volledigheid, te bereiken, kunnen volstaan met de behandeling van een van deze twee gebieden; ik beperk me dus tot een schets van de groei der mathematische mechanica, van de wiskundige behandelingswijze dus van de verschijnselen van beweging en evenwicht.

Die wiskundige behandelingswijze dateert niet voor alle delen der mechanica eerst uit de zeventiende eeuw; er zijn integendeel twee van haar onderwerpen aan te wijzen waarop reeds lang voor die tijd wiskundige methoden zijn toegepast of die zelfs als onderdeel der wiskunde zijn beschouwd. Het zijn de kinematica van de eenparige beweging en de leer van het evenwicht. De eerste was, zonder dat er nog van een meer algemene behandeling van het bewegingsbegrip sprake was geweest, in de Griekse wiskunde gebruikt voor het voortbrengen van kromme lijnen en in de Griekse astronomie voor het beschrijven van de bewegingen der planeten. De tweede was reeds tot op zekere hoogte geaxiomatiseerd in de statische geschriften van Archimedes, waarin de leer van zwaartepunt en hefboom en die van de rustende vloeistoffen een mathematische basis had gekregen; op dit gebied was verdere vooruitgang bereikt in de dertiende eeuw in de school van Jordanus Nemorarius en in de vijftiende en zestiende door de Italiaanse mechanici.

In het begin van de zeventiende eeuw is men nu, op één aanstonds nader te behandelen uitzondering na, principieel nog niet tot een verdere uitbreiding van de mathematische behandelingswijze der mechanica gekomen; nog steeds zijn het alleen de eenparige beweging en het evenwicht die met enige exactheid in begripsbepaling, terminologie en bewijs kunnen worden behandeld, terwijl van alle meer gecompliceerde bewegingsverschijnselen, zoals val, worp en botsing, nog slechts een zeer onvolkomen kennis bestaat. Men zal als tegenvoorbeeld wellicht op de vondst van Kepler willen wijzen dat de planeten zich in ellipsen bewegen, welke beweging immers niet eenparig is, maar, nog afgezien van het feit dat Kepler juist een van hen is waarmee de nieuwe tijd zich aankondigt, moet erop gewezen worden dat hij in het verschijnsel der planetenbeweging toch ook juist het element van eenparigheid in het licht stelt: de voerstraal van de planeet naar de zon beschrijft een oppervlak dat evenredig is

met de tijd; de perksnelheid is constant. Ook zal men wellicht Simon Stevin willen noemen en men wijst dan opnieuw iemand aan die, hoewel zijn sterkste produktiviteit nog in de zestiende eeuw valt, niettemin reeds thuishoort in de mathematische natuurwetenschap der zeventiende; maar bij nadere beschouwing blijkt toch ook hij, op één voor de ontwikkeling der dynamica fundamenteel axioma, dat van de onmogelijkheid van het perpetuum mobile, na, geheel te blijven binnen de banen die Archimedes voor de ontwikkeling der statica had aangegeven.

Zo is de toestand dus nog wanneer in 1608 Stevins *Wisconstighe ghedachtenissen* en in 1609 Keplers *Astronomia nova* het licht zien. Verplaatsen we ons nu echter, om van tevoren een overzicht te krijgen van het vele dat de zeventiende-eeuwse mechanica zou brengen, naar een tijdstip dat ongeveer tachtig jaren later ligt en dat een keerpunt beduidt in de geschiedenis van het denken: in 1687 verschijnen Newtons *Philosophiae naturalis principia mathematica*, waarin de stormachtige ontwikkeling van een wetenschap die in het begin der eeuw nog niet bestaan had, een voorlopige afsluiting vindt. Op alle punten blijkt de stand der dingen nu diepgaand gewijzigd te zijn: de kinematica van val en worp is nu geheel bekend; de dynamica van het stoffelijk punt is ontwikkeld; die van het vaste lichaam in beginsel gefundeerd; de verschijnselen van botsing, cirkelbeweging en slingerbeweging zijn bestudeerd. De axiomatisering is reeds zover gevorderd dat Newton met drie axiomata of bewegingswetten kan volstaan voor de deductie van het gehele systeem der rationele mechanica. Met opheffing van de eeuwenoude schijnbaar onverzoenlijke tegenstelling tussen aardse en hemelse verschijnselen, die de leer van Aristoteles had gevestigd, zijn val en planetenbeweging onder één gezichtspunt samengevat en onderworpen aan de algemene mechanische axiomata. Tegelijkertijd heeft de mechanica haar stempel gedrukt op het gehele onderzoek der anorganische natuur; mechanistische verklaring van alle natuurverschijnselen is aan het eind der zeventiende eeuw bij alle onderlinge meningsverschillen tussen filosofen of fysici over het wezen der materie, over vacuüm of plenum, over atomistiek of energetica, over werking op afstand, beïnvloeding door een medium of bewegingsopdracht door botsing, een algemeen aanvaard werkprogramma geworden; de gebieden waarop dit programma een begin van uitvoering heeft gevonden, astronomie en optica, zijn reeds tot sterke bloei gekomen en de takken der natuurwetenschap die bij de andere achter staan in ontwikkeling, warmteleer, magnetisme en elektriciteit en vooral chemie, zijn juist diegene waarop men noch met mechanica in het bijzonder noch met wiskunde in het algemeen nog iets had kunnen beginnen.

Wel zelden heeft in de geschiedenis een tak van wetenschap zich in zo korte tijd tot een zo grote hoogte ontwikkeld en daarbij een zo sterke invloed op het wetenschappelijk denken en op de wereldbeschouwing uitgeoefend. Het is een historisch probleem van de eerste orde dit verschijnsel in zijn voorbereiding en ontplooiing nauwkeuriger te leren kennen en te begrijpen. Wanneer

dan daarbij blijkt, wat ik aannemelijk hoop te maken, dat die sterke groei der mechanica niet alleen gepaard is gegaan met haar mathematisering maar dat zij daarvan het onmiddellijk gevolg is geweest, dan zal meteen aan het denkbaar duidelijkste voorbeeld de historische betekenis in het licht zijn gesteld die aan de intrede der wiskunde in de natuurwetenschap moet worden toegekend.

Beziet men, om tot de oplossing van het gestelde probleem te komen, de zeventiende-eeuwse mechanica in vergelijking met die van vroegere eeuwen vanuit de beide cartesiaanse gezichtspunten van *ordo* en *mensura*, dan trekt vooreerst onmiddellijk, dat wil zeggen vanaf de eerste jaren der eeuw, de sterke ontwikkeling van haar algoritmisering de aandacht. Men kan die ontwikkeling in algemene zin zo omschrijven dat de mechanica gebruik leert maken van nieuw ontdekte of teruggevonden mathematische methoden ter behandeling van de continu veranderlijke grootheid, die in het eind der eeuw tot de uitvinding der infinitesimaalrekening zouden leiden. Om deze uitspraak te verduidelijken moet ik even tijd nemen voor een korte historisch-mathematische uitweiding.

Noch de Griekse wiskunde, noch de uit Indische en Arabische bronnen gevoede algebra der Renaissance heeft het vermogen bezeten tot mathematische behandeling van de continue veranderlijkheid. De gedachte om de wijze waarop een continu veranderlijke grootheid op zeker ogenblik bezig is haar waarde te wijzigen, kwantitatief te fixeren door een nieuwe grootheid, die men in het algemeen de intensiteit van de verandering der eerst beschouwde zou kunnen noemen, lag geheel buiten beider gezichtskring; geen van beide bijvoorbeeld zou hebben kunnen aangeven, wat men te verstaan heeft onder de snelheid van een niet-eenparige beweging op zeker ogenblik of onder de richting van een kromme lijn in zeker punt. Mathematisch beduidt dit dat de beide genoemde fasen der wiskunde het grondbegrip der differentiaalrekening missen, wat tot uiting komt èn in de talloze fouten die er in de kinematica der valbeweging worden gemaakt ten gevolge van de verwarring van de snelheid op zeker ogenblik en de gemiddelde snelheid gedurende zeker tijdvak èn in de omslachtige, niet tot het wezen der zaak doordringende wijze waarop raaklijnen aan kromme lijnen worden bepaald. Dit gemis heeft, althans voor de Griekse wiskunde, die toch onder de verschillende stromingen die in de Westeuropese wiskunde der zeventiende eeuw samenvloeien, de overheersende blijft, een diepe grond; zij toch is in de periode van haar snelste ontwikkeling en van haar definitieve axiomatisering onder de sterke invloed gekomen van de filosofische opvattingen van Plato, waarvan de wezenlijke eigenschappen, voorzover ze ons onderwerp betreffen, weer zijn af te leiden uit de theorieën van zijn en veranderen der Eleatische school, die door Zeno van Elea toepassing op de wiskunde hadden gevonden. Volgens die theorie komt alleen aan het onveranderlijke zijn realiteit toe terwijl worden en veranderen slechts een onwezenlijke schijn beduiden. Het is daarmee in overeenstemming dat in het systeem van Plato de wiskunde zich bezighoudt

met de onveranderlijke ideële mathematische vormen, die hun plaats hebben tussen de schijnwereld die wij waarnemen en het rijk der ideeën; ontstaan en vergaan is bij die vormen uitgesloten en Plato verbant dan ook met volkomen consequentie uit de meetkunde het begrip der constructie in de zin van het voortbrengen van een figuur. Van deze zienswijze nu is de Griekse wiskunde zoal niet de volkomen verwerkelijking dan toch de duidelijke afspiegeling. Euclides vermijdt toepassing van het bewegingsbegrip in de meetkunde zolang hij het enigszins doen kan en in de eenparige bewegingen, die andere mathematici in hun wiskundige redeneringen toelaten en die Plato zelf in zijn ideële astronomie gebruikt, overheerst toch altijd het constante element der eenparigheid het denkbeeld van verandering, dat aan de beweging eigen is.

Nu kon Plato zo streng theoretisch te werk gaan omdat voor hem de enige realiteit in de ideeën ligt, terwijl de wereld die de natuurlijke mens de werkelijke noemt niets anders is dan een spel van schaduwen. Voor Aristoteles echter vormt dat schaduwenspel zelf de werkelijkheid die hij wil onderzoeken en het probleem der verandering, dat voor Plato niet bestond, wordt het centrale probleem van zijn filosofie, dat hij door de onderscheiding van het potentiële en het actuele zijn tracht op te lossen. Onder zijn invloed wordt in de peripatetische wijsbegeerte de studie der beweging, dat is het algemene begrip dat alle soorten van verandering, zowel kwalitatief als kwantitatief, omvat en waarvan de verandering van plaats, de *motus localis*, slechts een bijzonder geval is, het essentiële element der fysica, wat tot uiting komt in de zegswijze der scholastiek: *Ignorato motu ignoratur natura*.*

Van al de filosofische beschouwingen over de verandering die uit de aristotelische opvatting zijn voortgevloeid is nu voor ons doel voornamelijk de behandeling van de vraag van belang hoe men zich de intensiteitsverandering van een kwaliteit moet denken. In de scholastiek treedt dit probleem het eerst op in deze formulering hoe de *caritas* in een mens kan toe- of afnemen en hoe ze dus op verschillende ogenblikken verschillende waarden kan hebben. Hierover vormen zich twee hoofdrichtingen van opvatting, elk met nog weer fijnere schakeringen, waarvan de eerste steeds een principieel verschil blijft maken tussen versterking en verzwakking van een kwaliteit aan de ene kant en toe- of afname van een kwantiteit aan de andere, terwijl de tweede de nadruk legt op de analogie tussen de beide verschijnselen en daardoor de voor de natuurwetenschap zo belangrijke kwantitatieve behandeling van kwaliteiten voorbereidt. De tweede opvatting is vooral tot ontwikkeling gekomen in de Parijse school der terministen, die in de veertiende eeuw onder leiding van Buridan, Albert van Saksen en Oresme in oppositie tegen Aristoteles zulke belangrijke denkbeelden over mechanica en astronomie heeft ontwikkeld. Daarbij heeft Oresme, die in 1382 als bisschop van Lisieux stierf, voorzover onze tegenwoordige kennis reikt als eerste een hulpmiddel toegepast dat voor het gehele wetenschappelijke denken van onafzienbare betekenis zou blijken te zijn: om de verandering van een kwaliteit duidelijk voor ogen te voeren stelt

hij iedere achtereenvolgens optredende intensiteit voor door een lijnstuk, de *latitudo*, waarvan de lengte de waarde der intensiteit aangeeft en dat wordt uitgezet loodrecht op de *extensio*, dat is de uitbreiding in ruimte of tijd van het *subjectum* dat met de veranderlijke kwaliteit is aangedaan. Beschouwen we bijvoorbeeld het geval van een *extensio* in de tijd, dan wordt dus bijvoorbeeld een veranderlijke *caritas*, om het in onze tegenwoordige taal te zeggen, beschouwd als functie van de tijd en grafisch voorgesteld op een assenstelsel, waarin de tijd als abscis en de intensiteit der *caritas* als ordinaat fungeert. Oresme bestudeert nu allerlei verschillende mogelijkheden van verandering aan het voorbeeld van de snelheid van een veranderlijke beweging, een kwaliteit waarvan de intensiteit op een gegeven ogenblik volgens hem wordt bepaald door de weg die in een op dat ogenblik aanvangend tijdvak van gegeven duur zou worden afgelegd wanneer de beweging plotseling eenparig werd; is de snelheid *uniformis*, eenparig, dan is de grafiek een rechte, evenwijdig aan de *extensio*, die met de assen en de laatste *latitudo* een rechthoek bepaalt waarvan de oppervlakte, de *mensura* der kwaliteit, blijkbaar de afgelegde weg voorstelt; is ze *uniformiter difformis*, eenparig veranderlijk, dan vindt men een hellende snelheidsrechte, een trapezium, als ordinatenoppervlak en een *mensura* die het produkt is van de tijd en de *latitudo* van het middelste ogenblik. Is ze niet eenparig veranderlijk, *difformiter difformis*, dan wordt de snelheidslijn gebogen. Het blijkt nu dat Oresme, althans voor het geval van de *motus uniformiter difformis*, volkomen helder heeft beseft dat de *mensura*, de oppervlakte van de ordinatenfiguur, evengoed de afgelegde weg voorstelt als bij de *motus uniformis* en het lijkt niet gewaagd te onderstellen dat hij ook voor het algemene geval van de *motus difformiter difformis* aan de *mensura*, die wij tegenwoordig de integraal van de snelheid naar de tijd noemen, deze betekenis zal hebben gehecht. In geheel algemene termen spreekt hij voor iedere eenparig veranderlijke kwaliteit de eigenschap uit, die de regel van Oresme behoort te heten en die voor de *motus localis* aldus luidt: de weg, in zekere tijd afgelegd in een eenparig veranderlijke beweging, is gelijk aan de weg die in dezelfde tijd zou worden afgelegd in een eenparige beweging, waarvan de snelheid voortdurend gelijk is aan die van de veranderlijke beweging op het middelste ogenblik van de beschouwde tijd.[*] Of hij deze regel ook op andere kwaliteiten dan de snelheid heeft toegepast, of hij dus bijvoorbeeld ook de *caritas* naar de tijd heeft geïntegreerd, wat zoiets als de goede werken zou hebben moeten opleveren die in het beschouwde tijdvak zijn verricht, is helaas niet bekend.

Het behoeft de lezer niet te verontrusten dat ik, hoewel eigenlijk bezig met de mathematisering van de mechanica in de zeventiende eeuw, nog altijd vertoef bij de Parijse scholastici der veertiende. Want terwijl ik schrijf over het werk van Oresme, behandel ik tegelijkertijd al het fundamentele denkmiddel dat de zeventiende-eeuwse mechanica in de handen van Stevin, Galilei, Beeckman, Descartes en Huygens tot ontwikkeling zal brengen, dat de meet-

kundig-aanschouwelijke voorstelling mogelijk zal maken van de symbolische bewerkingen der infinitesimaalrekening en dat in onze tijd, na een periode van overheersing van symbolische en daardoor onvermijdelijk enigszins machinale methoden, sterker dan ooit tevoren toepassing vindt, niet alleen in de wiskunde en de natuurwetenschap maar ook op tal van andere gebieden van ons weten, waaronder de meest uiteenlopende: de grafische voorstelling van een functionele afhankelijkheid. Het zal hierdoor duidelijk zijn welk een keerpunt in de geschiedenis Oresmes theorie *de latitudinibus formarum* beduidt; hier lukt wat de Griekse wiskunde niet tot stand had kunnen brengen, maar waarvan alle verdere ontwikkeling van het wiskundig denken èn op zichzelf beschouwd èn in zijn toepassing op de natuur afhing: de mathematische fixering van het begrip der continue veranderlijkheid. Het gelukte door de kunstgreep een primaire veranderlijkheid als gegeven te beschouwen en alle andere in haar betrekking tot deze te omschrijven. Voor die primaire veranderlijke was natuurlijk de tijd, opgevat als in zich zelf gelijkmatig vloeiend, aangewezen; de vondst van Oresme bestond hierin dat hij de *extensio* van het subject in de tijd aanschouwelijk maakte als *extensio* in de ruimte, waardoor hij op één ogenblik naast elkaar kon plaatsen wat op één plaats na elkaar gebeurde. De historie der natuurwetenschap heeft lange tijd geen goed woord overgehad, noch voor Aristoteles, noch voor de scholastiek en inderdaad kan men niet ontkennen dat hun wijze om de natuur te beschouwen in vele opzichten onvruchtbaar is gebleken. Nu we hier echter over de grote opbloei der natuurwetenschap in de zeventiende eeuw spreken, mag er wel eens aan herinnerd worden dat we aan Aristoteles het begrip van een natuurwetenschap, dat voor Plato eigenlijk niet bestond, te danken hebben en dat de scholastiek het wiskundige hulpmiddel schiep dat ruim twee eeuwen later de sterke ontwikkeling der mechanica mogelijk zou helpen maken.

Want inderdaad, het heeft ruim twee eeuwen geduurd voor men geleerd heeft van de grafieken van Oresme een werkelijk vruchtbaar gebruik te maken. Stevin gebruikt ze in 1585 in de hydrostatica, Galilei leidt er in de eerste jaren der zeventiende eeuw de wet mee af die voor vrije val uit rust het verband uitdrukt tussen de afgelegde weg en de daaraan bestede tijd, Descartes en Beeckman vinden in 1618 te Breda gezamenlijk hetzelfde resultaat, waarbij Beeckman zeer waarschijnlijk het fysisch beginsel der afleiding, namelijk het behoud van een eenmaal voortgebrachte snelheid, heeft aangegeven en Descartes het mathematische hulpmiddel. Dat er tussen deze toepassingen en de theoretische behandeling bij Oresme een continue samenhang bestaat, is, gezien de sterke verspreiding van zijn denkbeelden in de scholastiek en de opleiding die niet alleen Descartes maar ook Galilei had genoten, nauwelijks meer voor twijfel vatbaar. Verwonderlijk kan het alleen lijken dat een methode van zo grote draagwijdte eerst ruim twee eeuwen na haar ontstaan plotseling allerwege een zo vruchtbare toepassing vindt.

Dat is nu echter bij nadere beschouwing zo verwonderlijk niet. Men moet

namelijk ten eerste bedenken dat voor het toepassen der grafische methode bij alle veranderingen die niet *uniformiter difformis* zijn, en voor het voortbouwen op de resultaten die men er mee verkrijgt ook in de eenvoudigere gevallen, een veel grotere mathematische ontwikkeling nodig was dan er in West-Europa vóór de zestiende eeuw bestond. De wiskunde is pas op hoger peil gekomen toen men in de zestiende eeuw de Griekse mathematische schrijvers in vertalingen en weldra ook in het origineel had leren bestuderen en eerst in het begin der zeventiende eeuw is de geest der Griekse wiskunde, die zowel het vernuftige uitvindingsvermogen insluit als de gave der heldere uiteenzetting, voldoende vaardig geworden over de mathematici van West-Europa om de meetkundige behandeling van het veranderlijke tot volle ontplooiing te brengen. En ten tweede is voor de ontwikkeling van de mathematische fysica nog iets anders nodig dan de schepping van een mathematisch instrument en een mathematische taal: de fysische begripsvorming brengt eerst het materiaal aan dat met dat instrument wordt behandeld en in die taal wordt beschreven. Het komt niet zelden voor dat de natuurkunde aan een wiskundig hulpmiddel eerst vele jaren na zijn ontstaan behoefte heeft: de niet-euclidische meetkunden en de matrixtheorie zijn er twee sprekende voorbeelden van.

Over die begripsvorming in de mechanica aanstonds nader; eerst nog iets over het gebruik van de formele wiskundige hulpmiddelen in de tijd toen de mathematische ontwikkeling al wel de nodige hoogte had bereikt. De heterogeniteit van hun oorsprong maakt het begrijpelijk dat de toegepaste denkwijzen, de Griekse methode van onderzoek en uiteenzetting, de aan de scholastiek ontleende grafische voorstelling der veranderlijkheid, waarbij dan nog de door Indo-arabische invloeden gewijzigde rekentechniek en de pas geschapen symbolische algebra kwamen, zich niet onmiddellijk tot een harmonisch geheel lieten versmelten. In het bijzonder kan men in de zeventiende eeuw bij alle bewondering en verering die de grote mathematici voor hun Griekse voorgangers aan de dag leggen, een duidelijk streven opmerken zich van de langzamerhand als belemmering gevoelde eigenaardigheden der euclidische methode los te maken, wat op enkele punten met een verloochening van de meest fundamentele beginselen van die methode gepaard ging. Dit verschijnsel doet zich voornamelijk voor op een gebied dat de wiskunde èn in haar eigen ontwikkeling èn in haar toepassing op de natuur telkens weer moet betreden en dat zij in het bijzonder bij de behandeling van de continue veranderlijkheid nooit vermijden kan, het gebied der oneindige processen.

Dat de studie van de continue veranderlijkheid inderdaad onvermijdelijk tot oneindige processen voert, kan men zich onmiddellijk aan enkele voorbeelden duidelijk maken. Men behoeft daartoe slechts een poging te doen exact te omschrijven wat men verstaat onder de snelheid van een veranderlijke beweging op zeker ogenblik of aan te geven hoe men tot de berekening van de *mensura* van een grafiek komt. In het eerste geval is men geneigd de snelheid

op zeker ogenblik te definiëren als het quotiënt van de weg die in een klein tijdvak dat op het beschouwde ogenblik volgt, wordt afgelegd en de duur van dat tijdvak, maar als men om een grotere nauwkeurigheid te verkrijgen die duur steeds kleiner gaat nemen, wordt men ad infinitum gevoerd, omdat men bij ieder tijdvak een ander kan aangeven dat kleiner is. En in het tweede geval zou men de figuur wel graag willen beschouwen als som van smalle rechthoeken, wanneer het maar mogelijk was een kromme lijn uit rechte lijnstukjes samen te stellen. Door rechthoekjes te beschrijven bereikt met dus slechts een benadering; tracht men die benadering te verbeteren door de rechthoeken smaller te nemen, dan overschrijdt, mèt de onbeperkte afname van de breedte, het aantal rechthoeken iedere willekeurig aangegeven waarde, terwijl toch in geen enkel stadium van de bewerking de opvulling met rechthoeken gelukt. Weer ziet men dus het duizelingwekkende oneindige voor zich. En toch kan men de breedte der rechthoeken hier evenmin nul laten zijn als men bij de snelheidsbepaling het beschouwde tijdvak zonder duur kon kiezen. Want door juxtapositie van lijnstukken krijgt men geen oppervlak en in een tijdvak dat geen duur heeft, wordt geen weg afgelegd.

Ook de Griekse wiskunde heeft in de loop van haar ontwikkeling de twee denkmoeilijkheden die hier aan concrete voorbeelden zijn toegelicht, maar waarvan het algemeen karakter onmiddellijk duidelijk zal zijn, onder ogen moeten zien. Van de eerste, die de mathematische fixering der momentane veranderlijkheid betreft, is zij zich bewust geworden in de bewegingsparadoxen van Zeno van Elea en de invloed van zijn kritiek, die men op zovele plaatsen in de Griekse wiskunde kan vermoeden, is blijkbaar sterk genoeg geweest om het hele probleem uit te sluiten van de opbouw der mathesis. De tweede, die bij de berekening van de oppervlakten van kromlijnig begrensde figuren optreedt, heeft zij opgelost op een zeer strenge wijze, die echter, zoals strengheid altijd doet, tot moeilijke en langdurige redeneringen voert. Die oplossing was zo radicaal als ze maar zijn kon: het woord oneindig werd uit het wiskundig vocabularium geschrapt en de eis werd gesteld om, wanneer na een eindig aantal benaderingen het resultaat intuïtief kon worden voorvoeld, door een redenering uit het ongerijmde, waarin geen termen mochten voorkomen die op het oneindige betrekking hadden, de juistheid van dat resultaat aan te tonen.

Nu bestaat er echter altijd naast de officiële wiskunde van de publikaties waarvoor exactheid in uitdrukking en bewijs het enig ideaal is en die daarom ook vaak de weg waarlangs de vondst is gedaan opzettelijk en zonder enige tegemoetkoming aan de behoeften van de lezer verdoezelt, een meer officieuze mathematische uitvindingskunst, die allerlei niet geheel te verantwoorden gedachtengangen niet schuwt, wanneer ze maar tot het beoogde doel voeren. Bij de Grieken was dat niet anders. Archimedes, die in zijn officiële werken de strengheid zelve is en die daarin het woord oneindig niet in de mond zou durven nemen, blijkt in de intimiteit van zijn werkkamer bij de bepaling van

oppervlakten wel degelijk de stap te hebben gedaan die het natuurlijke, voor de gevaren van het oneindige nog niet gewaarschuwde denken ook altijd doen wil: hij heeft een oppervlak beschouwd als de som van al zijn lijnen en op grond van die logisch onhoudbare opvatting heeft hij dingen gevonden die hij misschien nooit zou hebben ontdekt langs de weg waarop hij ze daarna exact bewijst.

Wat nu echter bij Archimedes nog in het geheim van de werkplaats geschiedde, wordt in het begin van de zeventiende eeuw de methode der officiële wiskunde. Kepler beschouwt een cirkel ronduit en zonder dat dit een afkorting is van een meer correcte spreekwijze, als een veelhoek met oneindig veel zijden. Cavalieri laat de mathematische atomistiek van de pre-euclidische meetkunde herleven door een oppervlak te beschouwen als de som van zogenaamde *indivisibilia*, van ondeelbare oppervlaksatomen. Wat dat eigenlijk is, lijnstukken of smalle rechthoeken, wordt men niet gewaar en men kan dat ook nooit gewaarworden omdat het ene zo ongerijmd zou zijn als het andere. De wiskunde heeft die *indivisibilia* weldra overgenomen onder de naam van infinitesimale of oneindig kleine grootheden. Dat was een zinledige zegswijze, die daarom bijzonder geschikt was om de eigenlijke mathematische moeilijkheid weg te doezelen; ze is daarvoor dan ook tot in de negentiende eeuw druk en tot groot voordeel van de ontwikkeling der mathematische techniek gebruikt. Eerst sedert een eeuw is de wiskunde teruggekeerd tot de strenge beginselen der Grieken, waarbij ze wel bleef spreken van oneindig kleine grootheden, maar nu bij wijze van afkorting van een langere, geheel correcte manier van uitdrukken.

Het spreekt natuurlijk wel vanzelf dat de ontwikkeling van de wiskundige opvattingen inzake het oneindige niet zo eenvoudig en vlot verlopen is als ik het hier ter wille van de overzichtelijkheid vertel. De toepassing van de nieuwe en onstrenge methoden moest natuurlijk bij mathematici die in de ideologie van de Griekse wiskunde waren opgevoerd, tot gewetensconflicten voeren en het zijn juist de grootste figuren der zeventiende eeuw waarbij we zulke conflicten zien optreden. Galilei, Huygens en Newton volgen alle drie het voorbeeld van Archimedes om in de publikaties alle sporen van het uitvindingswerk te overpleisteren met een correct-euclidische façade. Huygens laat er zich in zijn particuliere aantekeningen over uit dat hij het eigenlijk overbodig vindt, maar als het *Horologium oscillatorium* in 1673 verschijnt, blijkt het geheel in de streng-euclidische stijl geschreven te zijn. En Newton heeft in 1687 nog hele passages uit de *Principia* die met behulp van de nieuwe analytische methoden waren gevonden, in de taal der Griekse wiskunde overgebracht. Zo sterk werkte de invloed van de Stoicheiotes,* waaraan immers zelfs onze tijd zich nog niet heeft ontworsteld, nog na.

De veranderde houding ten aanzien van het oneindige die in het bovenstaande kort werd geschetst, is, hoe belangrijk ook, natuurlijk niet de enige factor geweest die de sterke opbloei der zeventiende-eeuwse wiskunde heeft

bevorderd. Twee andere vermeldde ik al terloops: de ontwikkeling der rekentechniek, die sterk in de hand was gewerkt door de invoering der decimale breuken door Simon Stevin en door de uitvinding der logaritmen door Napier; en de schepping der symbolische algebra door Viète, die vooral van belang werd nadat Descartes met haar hulp aan de analytische methoden der Griekse wiskunde een groter terrein van toepassing had geopend. In de analytische meetkunde werd het probleem in een willekeurig punt van een kromme waarvan de vergelijking gegeven is de raaklijn te trekken, het meetkundig-algebraïsche analogon van de snelheidsbepaling in de kinematica. Steeds meer vragen bepalingen van oppervlakten, inhouden en zwaartepunten, die in wezen alle verwant zijn met de bepaling van de *mensura* van een grafiek, de aandacht. En tegen het einde der eeuw vloeien al die verschillende stromingen van onderzoek in wiskunde en mechanica samen in de vondst die het karakter der wiskunde definitief zou bepalen en die haar toepassing op de natuurwetenschap eerst tot de hoogste graad van vruchtbaarheid zou opvoeren, de uitvinding van de differentiaal- en integraalrekening door Newton en Leibniz.

Wat die vondst in beginsel inhield is na het voorafgaande in korte woorden te zeggen. Boven bleek reeds dat er, als men de snelheid van een veranderlijke beweging op zeker ogenblik wil bepalen door het quotiënt van weg en tijd te berekenen over een klein tijdvak dat op het beschouwde ogenblik begint, een moeilijkheid optreedt omdat men dat tijdvak onbeperkt kan en moet verkleinen terwijl het toch nooit nul mag zijn, terwijl zich een analoog probleem voordoet bij de bepaling van de *mensura* van een grafiek. Wanneer nu echter blijkt dat er in het eerste geval een vast getal bestaat waartoe men door voldoende verkleining van het beschouwde tijdvak de berekende gemiddelde snelheid zo dicht kan laten naderen als men zelf maar wil en dat men in het tweede geval in dezelfde zin van het woord een grenswaarde voor de som der beschouwde rechthoeken kan aangeven, dan kan men die grenswaarden respectievelijk als de snelheid van de beweging op het beschouwde ogenblik en als de oppervlakte van de kromlijnig begrensde figuur beschouwen. De bepaling van die grenswaarden langs de weg der berekening vormt nu het onderwerp der differentiaal- en integraalrekening; men vindt de snelheid door differentiëren van de weg naar de tijd, de *mensura* van een grafiek door integratie van de ordinaat.

Tussen beide bewerkingen bestaat nu een eenvoudig verband; wanneer men in een grafiek de horizontale *extensio*, dus de abscis, met een klein bedrag laat aangroeien, verandert ook de *mensura*, of zoals we thans kunnen zeggen, de integraal. Die verandering is voor een gegeven aangroeiing van de abscis des te sterker, naarmate de eindordinaat *y* groter is. Bepaalt men nu op dezelfde wijze waarop men de momentane snelheid van een veranderlijke beweging vindt, de intensiteit van deze verandering, dan blijkt deze juist door de waarde van die eindordinaat *y* te worden aangegeven. Zoals dus enerzijds de *mensura*

uit *y* door integreren ontstaat, vindt men anderzijds *y* door differentiëren uit de *mensura* terug. Integreren en differentiëren, hoe verschillend ook van oorsprong, blijken elkaars omgekeerde bewerkingen te zijn, zoals optellen en aftrekken.

De manier waarop ik heb getracht de begrippen differentiëren en integreren, vondsten van onafzienbare historische betekenis, voor niet-mathematici te verduidelijken, voldoet evenmin aan de eisen van mathematische exactheid als aan die van historische juistheid. Om aan de eerste te voldoen zou ik het begrip grenswaarde nader hebben moeten omschrijven, wat de zaak wellicht niet duidelijk zou hebben gemaakt; om de tweede te bevredigen, zou ik weer over oneindig kleine grootheden hebben moeten spreken, waardoor het hoogstens een schijn van begrijpelijkheid zou hebben kunnen krijgen. Nu achteraf kan ik het spraakgebruik van het oneindig kleine echter niet meer vermijden, omdat de grondleggers der infinitesimaalrekening het met zoveel succes hebben toegepast. Voor Leibniz is een integraal inderdaad een som van oneindig veel oneindig kleine rechthoeken, waarin men het woord oneindig klein niet moet opvatten in de figuurlijke of potentiële betekenis van naderend tot nul waarin wij tegenwoordig zeggen dat een grootheid oneindig klein wordt, maar in de actuele betekenis van iets dat niet nul is en niet eindig. Zoiets bestaat in het getallensysteem waarvan de analyse zich bedient niet en we ontmoeten hier dus een typisch voorbeeld van het element van irrationaliteit dat aan sommige wiskundige theorieën in de eerste fase van hun bestaan eigen is. Men kan zich inderdaad in onze tijd, nu wij de hier te pas komende begrippen en methoden helder hebben leren doorzien, nauwelijks meer voorstellen hoe Leibniz, Newton en hun eerste aanhangers erin geslaagd zijn zelf hun nieuwe methode te begrijpen en toe te passen. Alle transparante helderheid, die men onwillekeurig als wezenlijk kenmerk van de wiskunde beschouwt omdat ze eigen is aan haar voltooide bouwsels, is in de beginjaren van de infinitesimaalrekening ver te zoeken. Wat men waarneemt is, zou men kunnen zeggen, meer dionysisch dan apollinisch van aard, meer uiting van een half onbewuste scheppingsdrang van enkele mathematische genieën dan heldere en doelbewuste redenering. Slechts een sterk intuïtief gevoel voor mathematische juistheid heeft de eerste beoefenaren der nieuwe methode kunnen bewaren voor bijna al de dwalingen waartoe het oneindige het zogenaamde gezonde mensenverstand, met de vooroordelen waarvan het spot, zo gemakkelijk verleidt. Het is geen wonder dat alleen de grootste mathematici van die tijd met zekerheid het werktuig hebben kunnen hanteren dat men tegenwoordig aan de eerste-jaarsstudent en weldra aan de schooljongen in handen geeft.*

Ik moet nog een enkele opmerking maken over het verschil tussen de methoden van Newton en Leibniz op het gebied der infinitesimaalrekening. Bij Newton is alles gebaseerd op het aan de mechanica ontleende snelheidsbegrip; wanneer een grootheid *x* met de tijd verandert, wordt de veranderings-

snelheid, aangeduid door $\dot{x}$, de fluxie van deze vloeiende grootheid, deze fluens, genoemd. Hangt een andere grootheid *y* weer van *x* af, dus middellijk van de tijd, dan geeft het quotiënt $\dot{x}/\dot{x}$ de verhouding van de gelijktijdige veranderingssnelheden van *y* en *x* aan; het is het equivalent van wat wij tegenwoordig het differentiaalquotiënt van *y* naar *x* noemen. Bij Leibniz daarentegen staat het begrip differentiaal op de voorgrond. Wat dat bij hem beduidt is weer moeilijk in klare woorden te zeggen. Het is, zoals het woord zegt, een verschil, maar dan een verschil van twee onmiddellijk op elkaar volgende waarden van een continu veranderlijke grootheid, wat echter niets betekent omdat het juist in het wezen der continuïteit ligt dat er geen onmiddellijke opvolging van waarden in voorkomt. Toch heeft de opvatting van Leibniz een zeer heilzame invloed op de ontwikkeling van de wiskunde en de mathematische fysica uitgeoefend. Leibniz, die een der eersten geweest is die het grote belang van een goede verzorging van de mathematische symboliek helder heeft beseft, heeft namelijk in de keuze van zijn notaties op het gebied der infinitesimaalrekening een zo gelukkige greep gehad dat de wiskunde zich geheel naar zijn voorstellen heeft gericht, terwijl de fluxienotatie alleen nog maar in de mechanica voortleeft. Van hem is de notatie *dx* voor de differentiaal of oneindig kleine aangroeiing van *x*, waarvan de waarde vooral bestaat in de analogie die er tussen sommige rekenregels voor het symbool *d* en de regels der gewone algebra bestaat; van hem is het symbool $\int ydx$ voor een integraal, waarin $\int$ een somteken beduidt en de *dx* de basis van de opvolgende oneindig smalle rechthoekjes, die de opvolgende waarden van *y* tot hoogte hebben. De differentiaal van deze integraal is nu weer *ydx* en de integraal is dus een som van differentialen.

Hoe nu eigenlijk de techniek van deze differentiaal- en integraalrekening is kan ik hier niet gaan uiteenzetten en het doet voor mijn doel ook eigenlijk niet ter zake. Hoofdzaak is dat men nu in beginsel kan inzien hoe de grafische methode, die zich uit de theorie van Oresme had ontwikkeld en die zich van de meetkundige terminologie en de meetkundige resultaten van de Griekse wiskunde moest bedienen, nu kon worden omgezet in symbolische rekenwijzen.

Door deze vondst, die de mathematische behandeling der veranderlijkheid in analytische vorm mogelijk maakte, gaf de wiskunde aan de natuurkunde, die immers de veranderingen bestudeert die we in de stoffelijke wereld zien optreden, juist datgene waaraan zij het sterkst behoefte had. Het was de mechanica, de leer van die meest aanschouwelijke veranderingen die de bewegingen der materiële lichamen ons te zien geven, die daarvan het eerst en het meest profiteerde. Immers met behulp van de differentiaalrekening kon men nu uit het verloop van een grootheid in de tijd tot de kennis van haar momentane veranderingssnelheid komen, terwijl omgekeerd de integraalrekening uit de wijze waarop de veranderingssnelheid van de tijd afhing, het

verloop van de grootheid zelve leerde terugvinden. De infinitesimaalrekening deed echter in de loop van haar ontwikkeling meer dan dit. In het bijzonder gaf zij de oplossing van bepaalde probleemgroepen, die, in woorden geformuleerd, voor een niet-wiskundige aanvankelijk volkomen onoplosbaar moeten schijnen omdat zij de indruk maken een logische cirkelgang te bevatten. Het zijn bijvoorbeeld die problemen waarin het verloop van de waarde van een grootheid wordt gevraagd, wanneer de factoren die haar verandering bepalen van haar eigen waarde afhangen. Men denke bijvoorbeeld aan een stoffelijk punt dat valt, maar dat daarbij een luchtweerstand ondervindt die op ieder ogenblik evenredig is met de snelheid die het vallende punt dan heeft. Hierbij is dan voortdurend de momentane snelheid beïnvloed door de luchtweerstand op alle vorige tijdstippen, terwijl men voortdurend de snelheid moet kennen om de luchtweerstand te bepalen. Mathematisch geformuleerd voeren zulke problemen tot de zogenaamde gewone differentiaalvergelijkingen, dat zijn vergelijkingen waarin naast een onbekende grootheid, die bijvoorbeeld functie van de tijd is, ook haar fluxie of veranderingssnelheid of eventueel de fluxie van de fluxie optreedt. Gelukt het nu zulk een vergelijking op te lossen, dan is daardoor de schijnbare logische cirkelgang toch binnen het bereik der mathematische methode gebracht. Het bleek nu al spoedig dat het vooral de differentiaalvergelijkingen waren waaraan de fysica voor de beschrijving der natuurverschijnselen en voor de oplossing van haar problemen behoefte had; echter, die differentiaalvergelijkingen waren in vele gevallen van een moeilijker type dan de gewone, omdat bij deze de onbekende grootheid slechts wordt beschouwd in haar afhankelijkheid van een enkele variabele, terwijl zij in de regel van meer dan één veranderlijke grootheid afhankelijk zal zijn. Dat voert tot de zogenaamde partiële differentiaalvergelijkingen. Het is echter moeilijk hiervan veel meer te vertellen zonder werkelijk wiskundige redeneringen te houden. Om dezelfde reden kan ik niet meer dan de naam vermelden van een andere tak der infinitesimaalrekening die in de achttiende eeuw naast de leer der differentiaalvergelijkingen en mede tot groot nut der mechanica werd ontwikkeld. Het is de zogenaamde variatierekening, waarin men bijvoorbeeld het verloop van een werkelijk in de natuur optredende beweging leerde vergelijken met andere fictieve bewegingen, die onder weinig veranderde omstandigheden verliepen. Door al deze wiskundige vondsten en hun toepassingen hebben vooral de Zwitserse wiskundigen, de familie Bernoulli en Leonhard Euler, en de Fransen d'Alembert en Lagrange de mechanica in de achttiende eeuw verder ontwikkeld tot op de aanzienlijke hoogte waarop Lagrange zelf in zijn *Mécanique analytique* van 1788 de ontwikkeling aan het eind der eeuw weer afsluit.

Gaan wij thans over tot het tweede gezichtspunt dat men aan de beschouwing van Descartes ontlenen kan, dat der axiomatisering, dan moet vooreerst worden bedacht dat het woord axiomatisering in een dubbele betekenis kan

worden opgevat; men kan een gebied axiomatiseren in die zin dat men een reeds aanwezig systeem van oordelen logisch ordent, door te onderzoeken uit welke onbewezen grondstellingen al die oordelen kunnen worden gededuceerd; maar ook zo dat men een of andere uitspraak om haar grote evidentie of op empirische gronden zonder bewijs aanvaardt en nu nagaat welke conclusies men daaruit in verbinding met andere reeds bekende stellingen kan trekken. Van beide vormen, die men als *axiomatica a posteriori* en *axiomatica a priori* kan onderscheiden, levert de mechanica der zeventiende en achttiende eeuw duidelijke voorbeelden. Ik noem in de eerste plaats de behandeling van het verschijnsel van de vrije val. Galilei had hierbij a priori aangenomen dat de snelheid van een vallend lichaam in onderling gelijke tijden met onderling gelijke bedragen toeneemt, en daaruit met behulp van de grafische methode al de kinematische eigenschappen der valbeweging afgeleid. Het probleem was nu verder axiomata van dynamische aard te vinden, die in staat zouden stellen deze resultaten te deduceren uit de steeds aan de hele beschouwing ten grondslag liggende overtuiging dat de val veroorzaakt wordt door de zwaarte van het lichaam en dat die zwaarte tijdens de val constant blijft. Voor de peripatetische fysica was het namelijk altijd een onoplosbaar raadsel gebleven hoe het mogelijk is dat een constante bewegingsoorzaak een versnelde beweging kan opleveren. De pogingen nu tot dynamische axiomatisering van de kinematica der valbeweging hebben in een langdurige ontwikkeling, waarop ik hier niet kan ingaan, geleid tot de opstelling van de eerste twee *Axiomata sive Leges Motus*, die Newton aan het eerste boek van zijn *Principia* laat voorafgaan, de traagheidswet en de wet van de evenredigheid van de kracht en de fluxie van de impuls of de hoeveelheid beweging, welke laatste grootheid wordt bepaald als produkt van de massa van het lichaam en zijn momentane snelheid. Van die axiomata had het eerste nog verschillende andere wortels dan het inzicht dat men de versnelling van de valbeweging kon verklaren door de aanname dat de zwaarte in gelijke tijdsdelen gelijke snelheden voegt bij de reeds vroeger voortgebrachte, waarvan men onderstelt dat ze behoudens uitwendige oorzaken van verandering blijven voortbestaan. Galilei had namelijk reeds op tal van empirische gronden het voorkomen van de eigenschap der traagheid, die een van zijn voornaamste wapenen was in zijn weerlegging van de peripatetische bezwaren tegen de leer der bewegende aarde, betoogd en ook verder blijken bij de definitieve formulering der traagheidswet de argumenten die de empirie rechtstreeks aan de hand deed en die aan de axiomatische bruikbaarheid, dus indirect ook aan de aansluiting aan de empirie, waren ontleend, elkaar voortdurend te ondersteunen. Het krachtbegrip van Newton echter dankt zijn ontstaan wel geheel aan de pogingen om voor de leer van de vrije val de grondslagen te vinden waaruit de reeds bekende kinematische stellingen deductief konden worden afgeleid; het is in zijn scherp contrast tot het gelijknamige begrip in de peripatetische natuurbeschouwing een van de duidelijkste voorbeelden van de begripsvormende werking der axiomatische

methode. Een tweede niet minder duidelijk voorbeeld vindt men in het gravitatie-axioma van Newton, dat tot opbouw van zijn wereldsysteem dient; ook hieraan ligt het streven ten grondslag een algemene basis te vinden waaruit de verschijnselen van val en worp op aarde en van de planetenbeweging aan de hemel met behulp van de algemene mechanische axiomata zouden kunnen worden gededuceerd. Het is waar dat Newton zelf zijn denkwijze bij de invoering van de gravitatietheorie als inductie betitelt, maar inductie en axiomatica a posteriori zijn dan ook zeer nauw verwant; het zijn twee aspecten van hetzelfde proces, namelijk het opsporen van de onbekende grond van een gegeven verschijnsel; men noemt het inductie wanneer men die grond beschouwt als de fysische *causa*, axiomatica, wanneer men haar ziet als de logische *ratio*, of om met Newton te spreken, als de *causa mathematica*.

Van de axiomata a priori, die om hun evidentie uitgangspunt van redenering worden en waaruit dan stellingen worden afgeleid die men nog niet kende, zijn in de zeventiende eeuw niet minder treffende voorbeelden te vinden. Ik noemde al even het axioma van de onmogelijkheid van het perpetuum mobile, waaruit Stevin de wet van het hellend vlak en de wet van Archimedes afleidt; een tweede is het axioma van Huygens, dat voor het homogeen gedachte zwaarteveld der aarde equivalent is met de wet van behoud van mechanisch arbeidsvermogen. Huygens kwam tot dit axioma door generalisering van een statisch axioma van aristotelisch-scholastische oorsprong, dat in de vijftiende en zestiende eeuw door de Italiaanse mechanica was toegepast en dat door Torricelli in 1644 uitdrukkelijk was geformuleerd. Het luidt bij Torricelli aldus dat een stelsel van zware lichamen die onderling verbonden zijn, niet uit zichzelf in beweging kan komen, wanneer niet hun gemeenschappelijk zwaartepunt daalt. Huygens heeft nu vooreerst van dit zelfde axioma nieuwe toepassingen gemaakt door het als grondslag te gebruiken voor de theorie van het evenwicht van een zwaar koord en van zijn hydrostatische onderzoekingen. Bovendien heeft hij het echter dynamisch gegeneraliseerd door het toe te passen op een systeem van lichamen in beweging, waarbij hij op een gegeven ogenblik onder de zwaartepuntshoogte van het systeem, die niet zonder uitwendige oorzaken kan toenemen, de hoogte verstaat waarop het zwaartepunt zich zou bevinden indien alle lichamen de snelheden die zij op dat ogenblik hebben, gebruikten voor een verticale stijgbeweging en wanneer zij dan in het hoogste bereikte punt werden vastgehouden. Met behulp van dit axioma werd dan bij hem de botsingstheorie ontwikkeld. Als derde voorbeeld van een axioma van de nu behandelde soort noem ik nog het zogenaamde relativiteitsaxioma der klassieke mechanica, waarin wordt uitgesproken dat alle mechanische verschijnselen in een stelsel van lichamen onveranderd blijven wanneer men aan het gehele systeem een eenparige rechtlijnige translatie geeft ten opzichte van het beschrijvingsraam waarin men de mechanische wetten had afgeleid. Van dit axioma heeft weer vooral Huygens, ook weer in de botsingstheorie, een vernuftig gebruik gemaakt.

Ik zal mij tot de genoemde voorbeelden beperken en vermeld dus slechts even terloops de axiomatisering der statica bij Stevin en Varignon en dat meesterstuk van logische ordening van een reeds in hoofdtrekken bekend systeem van stellingen dat Blaise Pascal voor de hydrostatica verricht in zijn *Traité de l'équilibre des liqueurs*.

Ik neem nu aan dat door het bovenstaande aannemelijk zal zijn gemaakt dat de toepassing der wiskunde een belangrijk hulpmiddel is geweest in de beoefening van de mechanica der zeventiende eeuw. Mag men hieruit - zo zou men kunnen vragen - nu echter ook besluiten dat de opbloei die juist deze wetenschap in die tijd vertoont, geheel of althans in hoofdzaak aan haar mathematisering is toe te schrijven? Bestaat niet de mogelijkheid dat een belangrijk deel van de bereikte vooruitgang op rekening van andere factoren moet worden gesteld en dat de intrede der mathesis geen andere dan secundaire en formele betekenis heeft gehad? Als men die vraag zo stelt - en het is niet zelden gebeurd - dan denkt men natuurlijk in de eerste plaats aan de nieuwe kenbron die het zeventiende-eeuwse denken over de natuur in de empirie en het experiment had verworven en men bedoelt er meestal reeds de bewering mee dat in het intense gebruik van deze kenbron de ware oorzaak van de waargenomen bloei te zoeken is. Nu leert echter de studie van de werken der grote mechanici der zeventiende eeuw dat empirie en experiment, hoe hoogst belangrijk ook in het algemeen hun invloed op de natuurwetenschap van die tijd zijn geweest, in de ontwikkeling der mechanica toch ongetwijfeld niet die grote betekenis hebben gehad die het dogmatisch empirisme der negentiende eeuw er wel graag op dit gebied aan heeft willen toedichten.*

Er wordt natuurlijk wel geëxperimenteerd in de mechanica, maar het geschiedt vrijwel uitsluitend ter verificatie van mathematisch afgeleide wetten, dus niet met heuristische bedoelingen. Galilei controleert met valproeven op een hellend vlak de langs deductieve weg gevonden afhankelijkheid van afgelegde weg en verstreken tijd in val uit rust; met slingerproeven demonstreert hij achteraf de betrouwbaarheid van het als basis van de theorie van het hellend vlak gekozen axioma dat de in val uit rust over zekere verticale afstand verworven snelheid onafhankelijk is van de hellingshoek. Dat de relatie van theorie en experiment bij deze onderwerpen in werkelijkheid een andere zou zijn geweest dan in de definitieve uiteenzetting, dat hij de valwet uit waarnemingen zou hebben afgeleid en het postulaat der gelijke eindsnelheden inductief uit slingerproeven zou hebben gevonden, is vaak beweerd maar nooit aannemelijk gemaakt, laat staan bewezen. Er worden verder enkele toestellen ontworpen om de vrije val te kunnen bestuderen, maar ook zonder de voltooiing daarvan wint de overtuiging van de juistheid van Galilei's theorie onweerstaanbaar veld. De proeven over vrije val die Riccioli vanaf de toren te Bologna doet, zijn interessant voor de geschiedenis van de meettechniek, maar invloed op de historische ontwikkeling der mechanica hebben ze nauwelijks gehad en de al te schone overeenstemming van hun resultaten met de te

verifiëren valwet maakt ze verdacht. In de hydrostatica ontmoet men dezelfde situatie. Stevin bouwt zijn theorieën streng mathematisch op en eerst in een aanhangsel van zijn werk beschrijft hij een toestel ter demonstratie van de hydrostatische paradox. Pascal vermeldt wel allerlei experimenten met lange glasbuizen, die hij te Rouen zegt te hebben gedaan, maar als Boyle in zijn *Hydrostatical paradoxes* die proeven behandelt, moet hij meer dan eens opmerken dat niet iedere proef die een mathematicus kan verzinnen ook door een fysicus kan worden uitgevoerd, en men krijgt inderdaad de indruk dat Pascal bij het schrijven van zijn *Traité* niet steeds nauwgezet onderscheid heeft gemaakt tussen werkelijk uitgevoerde en slechts in gedachten verrichte experimenten. Het belangrijkst voor de ontwikkeling der mechanica zijn waarschijnlijk nog de proeven over slingerbeweging geweest, waaruit Galilei al te veel heeft willen afleiden (namelijk isochronisme voor alle amplitudines), die Huygens hebben geïnspireerd tot zijn prachtige theorieën over de fysische slinger en tot zijn ontdekking van het tautochronisme van de cycloïdale valbeweging en die bij Newton worden gebruikt om de evenredigheid van trage en zware massa aan te tonen.

Door deze enkele opmerkingen is het vraagstuk van de relatie tussen wiskunde en empirie in de ontwikkeling der mechanica niet uitgeput; ze zijn echter wel toereikend om de nog veel voorkomende overschatting van de betekenis die in de ontwikkeling van de zeventiende-eeuwse mechanica aan de empirie als kenbron moet worden gehecht, in het licht te stellen en daardoor de ogen voor de machtige invloed van de mathematisering der mechanische theorieën te helpen openen. Of de opvattingen die de grote grondleggers van deze theorieën over de onderlinge betrekkingen tussen mathematische deductie en empirische inductie hadden, volgens de zienswijzen van onze tijd meer of minder juist zijn, doet daarbij niet ter zake. Het is een historisch feit dat zij over het algemeen een sterke neiging hebben de mechanica geheel als onderdeel der wiskunde te beschouwen, haar axiomata op een lijn te stellen met die der wiskunde en zich over de aansluiting aan de ervaring, die wegens de verwaarlozing van alle storende invloeden als wrijving en luchtweerstand, toch altijd zeer onvolkomen is, evenmin zorgen te maken als de meetkundigen dat doen over de overeenstemming van hun stellingen met de resultaten van metingen aan fysische lichamen. In de achttiende eeuw wordt die neiging door schrijvers als Euler en d'Alembert zelfs zozeer op de spits gedreven dat men gerust van een inlijving van de mechanica bij de wiskunde spreken kan.

Over het waarheidsgehalte van die opvatting kan men, kennistheoretisch redenerend, van mening verschillen; over haar vruchtbaarheid in de historische ontwikkeling nauwelijks. Alle lectuur van de grote schrijvers over mechanica die de zeventiende en de achttiende eeuw hebben voortgebracht, wekt de overtuiging dat zij hun wetenschap groot hebben kunnen maken omdat zij het inzicht hebben bezeten in de dubbele functie die de wiskunde in de natuurwetenschap heeft te vervullen, die van taal en die van instrument. Zij

hebben begrepen dat noch de gewone omgangstaal, noch de kunsttaal der filosofie fijn genoeg waren gebouwd om de complicatie der natuurverschijnselen te beschrijven en het infinitesimale karakter van de fundamentele natuurwetenschappelijke begrippen tot zijn recht te doen komen. Als hun aller zinspreuk zouden de befaamde woorden kunnen gelden die Galilei in *Il saggiatore* heeft gesproken: 'De wetenschap staat geschreven in het grote boek dat ons voortdurend open voor ogen ligt (ik bedoel het heelal), maar zij kan niet begrepen worden indien men niet eerst de taal leert verstaan, en de letters leert kennen waarin zij staat uitgedrukt. Zij is geschreven in mathematische taal en de letters zijn driehoeken, cirkels en andere geometrische figuren, zonder welke middelen het onmogelijk is haar woorden op menselijke wijze te verstaan en zonder welke men niets anders kan doen dan doelloos ronddwalen in een duister labyrint.' Het is het oude motief van de pythagoreïsch-platonische filosofie dat hier opnieuw weerklinkt: de dingen zijn getallen en God gaat steeds geometrisch te werk. Wat echter in de Griekse natuurwetenschap in hoofdzaak programma was gebleven, werd in de zeventiende-eeuwse mechanica werkelijkheid; zij heeft zozeer partij weten te trekken van de nieuwe methoden die de wiskunde had geschapen, dat zij een blijvend fundament kon worden voor de vruchtbare beoefening van de natuurwetenschap.

II

Het jaar 1687, waarin Newtons *Principia* verschenen, vormt in zekere zin het eindpunt van de ontwikkeling der zeventiende-eeuwse mechanica omdat in dat werk èn de algemene axiomata worden geformuleerd waaruit de wetten der beweging zijn te deduceren èn het bijzondere gravitatie-axioma dat de toepassing van die wetten op de val en de planetenbeweging mogelijk maakt, terwijl het tevens de uiteenzetting van het wiskundig hulpmiddel voor de beoefening der mechanica bevat dat in de infinitesimaalrekening was gevonden. Het zou nu kunnen lijken alsof daarmee de geschiedenis der klassieke mechanica in beginsel beëindigd was. We moeten er echter voorzichtig mee zijn om een oordeel dat wij tegenwoordig op grond van onze inzichten in de intrinsieke betekenis van een werk uitspreken, nu ook maar dadelijk te formuleren als een historische uitspraak over de wijze waarop dat werk in zijn tijd werd gezien en over de waarde die er toen aan werd toegekend. Dat zulk een overdracht van beoordeling onjuist kan zijn en dus steeds ongeoorloofd is, blijkt wel heel duidelijk juist aan het voorbeeld van Newtons werk, dat door meer dan één oorzaak een veel minder diepe indruk op zijn tijdgenoten heeft gemaakt dan wij thans op grond van zijn wetenschappelijke betekenis menen te mogen verwachten.

In de eerste plaats wordt Newtons afleiding van val en planeten beweging uit

het gravitatie-axioma in de eerste tientallen jaren na de publikatie door de meest competente beoordeelaars op het vasteland vrijwel eenstemmig verworpen. Dat is eigenlijk heel begrijpelijk wanneer men bedenkt dat omstreeks 1700 de cartesiaanse wijze van natuurbeschouwing, hoewel in haar concrete uitwerking reeds door velen veroordeeld, in beginsel nog de heersende is, terwijl daarnaast het klassieke atomisme van Democritus en Epicurus in zijn onder andere door Gassend vernieuwde vorm veld wint. Deze twee denkrichtingen, waarvan de eerste de materie ziet als continu in de ruimte uitgespreid of zelfs als identiek daarmee, terwijl de tweede een discontinue materieverdeling in een overigens lege ruimte aanneemt, hebben in die tijd het gemeenschappelijk kenmerk dat zij alle verschijnselen terugbrengen tot de inwerking op elkaar van aangrenzende delen der materie, hetzij dat aangrenzend zijn doorlopend is als in de theorie van Descartes, of momentaan zoals bij de botsingen der atomen. In geen van beide is daardoor plaats voor een werking op afstand, zoals Newton die scheen te postuleren om de val en de planetenbeweging te verklaren. Vandaar dan ook dat zijn gravitatietheorie èn door Huygens èn door Leibniz en door Johan Bernoulli, om drie van de grootsten van hun tijd te noemen, volstrekt wordt verworpen. Zo schrijft bijvoorbeeld Leibniz in 1690 aan Huygens, na waarderende woorden aan Newtons boek te hebben gewijd: ‘Cependant je ne comprends pas comment-il conçoit la pesanteur ou attraction. Il semble que selon luy ce n'est qu'une certaine vertu incorporelle et inexplicable, au lieu que vous l'expliqués tres plausiblement par les loix de la mécanique’;[*] en Huygens zegt in zijn antwoord kortweg dat het attractieprincipe hem absurd lijkt. Er is een algemeen streven om de zwaarte te verklaren met behulp van een hypothetische ether, zoals Huygens dat in zijn *Discours de la cause de la pesanteur* had gedaan en de methode van Newton, die later als het ideale voorbeeld van een mechanische natuurtheorie zou gelden, kon blijkens de woorden van Leibniz in die tijd nog om haar niet-mechanisch karakter worden veroordeeld.

Er is nog een andere reden die tot dit gemis aan waardering kon bijdragen. Men moet namelijk steeds bedenken dat de zeventiende-eeuwse natuurwetenschap zich heeft ontwikkeld in scherpe en bewuste oppositie tot de methode van natuuronderzoek der peripatetische filosofie en er is dan ook niets wat aan haar beoefenaren zo verwerpelijk voorkomt als een terugvallen in de denkwijze en de terminologie van een standpunt dat men voorgoed meende te hebben overwonnen. Maar moest het nu niet de schijn hebben dat in de attractie-theorie van Newton de beruchte *qualitates occultae* der scholastiek, waarmee alle natuurverschijnselen maar al te gemakkelijk waren verklaard, in volle kracht herleefden? Men denke bijvoorbeeld aan de beroemde passage uit *Le malade imaginaire*, waarin Molière, die met Gassend bevriend was en die dus de anti-scholastische stemming der nieuwe natuurwetenschap van nabij moet hebben gekend, de traditionele wetenschap bespot doordat hij aan een baccalaureus de vraag laat stellen waarom opium doet slapen, waarop deze

triomfantelijk en met lof van het koor het antwoord geeft: '*Quia est in eo virtus dormitiva, cujus est natura sensus assoupire*.'* Zou de sarcastische bedoeling van deze passage voor de tijdgenoten niet even goed bereikt zijn wanneer de vraag had geluid waarom zware lichamen naar de aarde toevallen en wanneer de kandidaat daarop met een anticipatie van Newtons theorie had geantwoord: *Quia est in ea virtus attractiva, cujus est natura gravia movere*.'* Zo ziet Leibniz het blijkbaar wanneer hij van een *vertu incorporelle et inexplicable* spreekt en al de kritiek op Newton die men tot in het midden van de achttiende eeuw ontmoet, past in deze zelfde gedachtengang.

Wanneer men nu echter meer let op wat Newton zelf met zijn theorie heeft bedoeld dan op wat sommigen van zijn volgelingen ervan hebben gemaakt, blijkt deze kritiek wel geheel op misverstand te berusten. Ze zou gerechtvaardigd zijn wanneer Newton hypothetisch de gravitatie als een aan de materie inherente kwaliteit had ingevoerd en daarmee val en planetenbeweging verklaard had geacht. Kwaliteiten zijn nu eenmaal occult en men kan ze niet anders manifest maken dan òf door samenvatting onder één gezichtspunt van wat schijnbaar verschillend van aard is òf door mathematische omschrijving en bepaling. En nu kan men ten eerste volhouden dat Newton zowel het ene als het andere heeft gedaan door de grootte der gravitatiewerking vast te leggen in een kwantitatief geformuleerde wet en door de identiteit van de kracht die de maan in haar baan houdt en die de steen naar de aarde doet vallen, door berekening aan te tonen. Maar ten tweede kan men zijn gedachtengang nog beter benaderen en hem daardoor nog effectiever tegen de kritiek van zijn grote tijdgenoten verdedigen, door te zeggen dat de gravitatie voor hem helemaal geen kwaliteit der materie is en haar bestaan geen hypothese. Dat op een planeet een kracht werkt die gericht is naar de zon en omgekeerd evenredig met het vierkant van de afstand tot de zon, is een mathematische consequentie uit de wetten van Kepler in verband met de algemene axiomata der mechanica; het woord kracht, dat altijd de illusie van een oorzaak wekt, is daarbij niets anders dan een volkomen ontbeerlijke afkortende uitdrukking voor het produkt van de massa en de versnelling. Het gravitatie-axioma geeft van de verschijnselen van val en planetenbeweging noch een fysische, noch een metafysische verklaring, maar uitsluitend een mathematische beschrijving. Een verklaring tracht Newton in de *Principia* voor de gravitatie evenmin te geven als Galilei het in de *Discorsi* voor de wetten van de vrije val had trachten te doen. De passage, waaraan het beroemde woord 'Hypotheses non fingo' ontleend is, spreekt het met de grootste nadruk uit dat verklaringshypothesen, van welke aard ook, in de *philosophia experimentalis* of *naturalis* niet thuishoren.

In deze strenge beperking tot beschrijving in mathematische termen van de langs empirische weg verkregen kennis der natuurverschijnselen, in deze afwijzing van iedere pretentie tot het doordringen in het wezen der verschijnselen door hypothetische verklaringen, komt een kennistheoretische

visie op het doel en de draagwijdte der natuurwetenschappelijke methode tot uiting die in veel nauwer verband staat met de opvattingen die er op dit punt in onze eigen tijd bestaan, dan met de minder geresigneerde denkbeelden die er in de negentiende eeuw over in omloop zijn geweest. Het hangt daarmee samen dat de waardering voor Newtons werk tegenwoordig weer een aanmerkelijke stijging vertoont en dat er weer een nieuwe fase schijnt te zijn ingetreden in de merkwaardige wisselingen die zijn historisch beeld in de loop der tijden reeds heeft ondergaan.* Die wisselingen zijn reeds in de achttiende eeuw duidelijk waar te nemen; in dezelfde tijd waarin Huygens, Leibniz en Bernoulli nog zonder juist begrip tegenover de *Principia* staan, vinden Newtons denkbeelden in Engeland reeds warme instemming, zij het dan ook niet steeds op zuiver wetenschappelijke gronden; die instemming breidt zich in de loop van de achttiende eeuw wel uit tot het continent, maar ze gaat dan gepaard met een interpretatie van de gravitatietheorie die geheel tegen de bedoelingen van haar schepper indruist.

Het is namelijk wel waar dat Newton zich in de *Principia* streng heeft beperkt tot het ontwikkelen van een mathematische theorie der bewegingsverschijnselen, maar we weten uit de *Optica*, uit zijn brieven en uit de uitlatingen van zijn vroegste en door hem zelf geautoriseerde interpretatoren, zoals Cotes, Bentley en Clarke, ook nog wel het een en ander omtrent de motieven die hem tot de strikte beperking van zijn onderzoek hebben gevoerd en over de verwachtingen die hij aangaande de uitwerking van zijn geschriften koesterde. En wel wordt men langs deze weg, waarvan het bewandelen onmisbaar is wanneer men een volledige kijk op Newtons persoonlijkheid wil verkrijgen, voornamelijk gewaar in welk een sterk theïstisch gestemde sfeer de gehele gravitatietheorie is geconcipieerd en uitgewerkt. Newton heeft zich uitvoerig bezig gehouden met het vinden van een dieperliggende verklaring der gravitatie, waarover hij twee verschillende theorieën heeft ontwikkeld, waarvan de ene in nauw verband staat met zijn theologische overtuigingen. Deze bewering schijnt wellicht in tegenspraak met de boven geciteerde woorden, dat verklaringshypothesen, van welke aard ook, in de *philosophia naturalis* niet thuishoren; die tegenspraak bestaat echter niet; men moet in die woorden de nadruk leggen op *philosophia naturalis*, een uitdrukking die gelijkwaardig is met wat wij natuurwetenschap noemen; daarin passen inderdaad geen andere theorieën dan die door axiomatisering of algoritmisering van de resultaten der empirie zijn verkregen; maar dat sluit niet uit dat men in de *philosophia generalis*, die voor Newton wel ongeveer met de theologie samenvalt, wel kan trachten de resultaten van het natuuronderzoek in te passen in het algemene wereldbeeld der geopenbaarde christelijke religie. Dat heeft Newton inderdaad beproefd en zo is hij, onder invloed van Jacob Boehme, wiens werken hij intens heeft bestudeerd, en van de Engelse neo-platoonse theoloog Henry More, gekomen tot zijn theorie van het immateriële actieve principe dat de op zichzelf inerte materie beweegt volgens de bedoelingen

van de Schepper, welke in de mathematische gravitatiewet worden uitgedrukt.

Empirisch kan het nu de schijn hebben alsof een lichaam een werking op afstand op een ander lichaam uitoefent. Echter Newton verwerpt het denkbeeld dat die *actio in distans* een fysische realiteit zou beduiden, dat de gravitatie een attribuut der materie zou zijn, waardoor het lichaam zou kunnen werken waar het niet is, met de meeste nadruk; er moet een intermediair agens zijn waaruit de schijnbare werking op afstand voortvloeit en dat, zelf onstoffelijk, door het medium van de absolute ruimte, die het eindeloze sensorium Gods is, de materie beweegt. Zo beschouwd kon de gravitatie-theorie in Newtons eigen ogen een direct bewijs worden voor het bestaan van God in de theïstische zin van het woord; en hij heeft zelf uitdrukkelijk verklaard dat niets hem meer zou verheugen dan wanneer zijn *Principia* op deze wijze zouden kunnen bijdragen tot de bestrijding van het atheïsme.

Vergelijkt men de manier waarop de gravitatietheorie in de achttiende eeuw in Frankrijk is toegepast met Newtons uitgesproken bedoelingen aangaande haar psychologische uitwerking, dan blijkt dat, naarmate de theorie zelf grotere triomfen viert, van die bedoelingen minder terecht komt. Met de verdoezeling van het onderscheid tussen de *causa mathematica* van een verschijnsel en de *causa physica*, dat Newton zo zorgvuldig in acht neemt, kreeg de werking op afstand steeds meer het karakter van een fysische inwerking van twee lichamen op elkaar, werd de gravitatie steeds meer als inherent aan de materie beschouwd, en werd het streng-mathematische wereldsysteem van de *Principia* steeds meer los gemaakt uit het theïstische verband waarin het oorspronkelijk was geplaatst. ‘Ce système, qui soulage si fort la Providence’,[*] zoals Montesquieu zegt, scheen ‘la Providence’ langzamerhand overbodig te maken. En men kan nauwelijks een meer treffend voorbeeld vinden van het contrast dat er vaak tussen Newtons bedoelingen en de uitwerking van zijn denkbeelden heeft bestaan, dan door de theologische beschouwingen van hem en zijn vrienden inzake de gravitatie als existentiebewijs Gods te vergelijken met het befaamde antwoord dat Laplace aan Napoleon gaf, toen deze hem vroeg waarom hij in zijn *Mécanique céleste* nergens de Schepper had vermeld: ‘Sire, je n'avais pas besoin de cette hypothèse-là.’[*]

Als tweede voorbeeld van verschil in waardering van Newtons werk in zijn eigen tijd en later kan de fundering der mechanica in de drie *Axiomata sive Leges Motus* gelden, die aan het eerste boek der *Principia* voorafgaan. Het blijkt namelijk dat deze fundering kort na het verschijnen van het werk lang niet zozeer als definitief werd beschouwd als wij ons dat thans onwillekeurig voorstellen. Men krijgt zelfs wel eens de indruk dat men er aanvankelijk zelfs maar heel weinig aandacht aan heeft geschonken. Wanneer Johan Bernoulli en Leibniz in de laatste jaren der eeuw uitvoerig corresponderen over fundamentele vragen der mechanica, noemen ze Newton nauwelijks; tot midden in de achttiende eeuw worden, geheel onafhankelijk van de axiomatische grondslag

die in de *Principia* gelegd was, zelfstandige mechanische principes axiomatisch aanvaard en de grote discussies over de mechanica gaan voor een groot deel geheel buiten Newton en zijn werk om. Er bestaat namelijk naast de ontwikkelingslijn der mechanica die we tot dusver hoofdzakelijk hebben beschouwd, en die door de namen Galilei, Huygens, Newton kan worden gekenmerkt, een andere, die in grote trekken te typeren is door de namen Descartes, Leibniz, Bernoulli en misschien Maupertuis. Een van haar voornaamste kenmerken is dat zij in veel nauwer verband staat met filosofische en religieuze opvattingen van haar scheppers dan dat bij de eerstgenoemde schrijvers het geval was. Bij dezen bestond natuurlijk, zoals we al zagen, ook wel verband tussen filosofie of godsdienst aan de ene kant en de stijl van natuuronderzoek aan de andere, maar dat verband bepaalde uitsluitend de achtergrond waarop zich hun werk afspeelt; metafysische argumenten werden niet in de opbouw van de systemen gebruikt (men kan bijvoorbeeld de *Principia* met uitzondering van het laatste Scholium lezen zonder iets van de theologische overtuigingen van Newton te vermoeden) en ze zijn dus meer psychologisch belangrijk voor de kennis van de persoonlijkheid van de schrijvers dan essentieel voor de logische samenhang van hun systemen.

Geheel anders is dit bij filosofen als Descartes en Leibniz. Bij hen wordt de opbouw der mechanica onmiddellijk in verband gebracht met, ja afgeleid uit het metafysische stelsel en men kan hun mechanische redeneringen in het geheel niet volgen zonder van hun metafysica kennis te nemen. Ik wil trachten van die noodzaak een indruk te geven door iets mee te delen over de grote strijd tussen de cartesianen enerzijds en Leibniz met zijn aanhangers anderzijds over het wezen der materie en de maat van de zogenaamde kracht.

Descartes, die de subjectiviteit verkondigde van de zogenaamde secundaire kwaliteiten der materie, zoals kleur, smaak, hardheid en gewicht, heeft des te krachtiger vastgehouden aan de objectiviteit van de geometrisch-mechanische primaire kwaliteiten grootte, vorm en beweging. Dat hij dit deed is op grond van zijn algemene denkbeginselen volkomen begrijpelijk. Wáár toch is, volgens de eerste regel van het denken in het *Discours de la méthode*, alles waarvan wij ‘des idées claires et distinctes’ hebben; zulke denkbeelden had hij echter van de fundamentele inzichten van wiskunde en kinematica in hoge mate en de schepping van een geometrisch-mechanisch wereldbeeld blijkt feitelijk bij hem de directe consequentie te zijn van de typisch-mathematische geestesgesteldheid waardoor hij zelf een onuitwisbare stempel op het natuurwetenschappelijk denken van de zeventiende eeuw heeft gedrukt. In overeenstemming met de aanvaarding van grootte, vorm en beweging als objectieve kwaliteiten ziet Descartes het wezen der materiële substantie in de driedimensionale uitgebreidheid en daarin alleen. Wat het is dat zich in drie dimensies uitstrekt, zegt hij niet. Hij heeft, zoals Huygens het uitdrukt, van de materie de voorstelling die anderen van het vacuüm hebben. Voor Descartes zelf bestaat natuurlijk het vacuüm niet; waar ruimte is, is materie. De materie nu is in

de aanvang geschapen in rust en beweging, van welke *modi* God dus de primaire oorzaak is. Uit de onveranderlijkheid Gods leidt Descartes nu het diepstliggend axioma van zijn mechanica af: de totale hoeveelheid beweging in het heelal, dat is dus de som van de produkten van iedere hoeveelheid materie en haar snelheid, kan niet veranderen. Uit dezelfde metafysische overweging volgen nu ook de bijzondere bewegingswetten, die de secundaire en particuliere oorzaken zijn van de bewegingen die we in de lichamen opmerken. Ten eerste de wet dat ieder lichaam behoudens inwerking van uitwendige oorzaken, vorm en bewegingstoestand, dat wil zeggen grootte en richting der snelheid, behoudt. En vervolgens dat bij de botsing van twee lichamen de totale hoeveelheid beweging behouden blijft. Schijnbaar wordt dus in deze wetten aangenomen dat in de materie de eigenschap der traagheid zetelt, die als streven naar behoud van impuls kan worden omschreven, en dat twee lichamen bij een botsing krachten op elkaar uitoefenen die de wederzijdse impulsen met behoud van hun som wijzigen. In werkelijkheid is voor het consequente cartesianisme noch het een noch het ander het geval. De materie volhardt in haar bewegingstoestand niet op grond van een inwendig vermogen, dat zich uit als weerstand tegen uitwendige pogingen om de grootte of de richting der snelheid te wijzigen, maar omdat God op ieder ogenblik haar momentane impuls in stand houdt. En, metafysisch beschouwd, werkt een lichaam niet op een ander in wanneer het ertegen botst, maar God regelt bij de ontmoeting de impulsen van beide zo dat de som niet verandert. De materie zelf is zuiver passief, in overeenstemming met haar geometrische essentie. Empirisch echter vertoont ze natuurlijk de schijn van activiteit; een bewegend lichaam oefent, fenomenologisch gesproken, werkingen op andere, mits kleinere lichamen uit die het in een botsing ontmoet; het kan de weerstand van een medium gedurende enige tijd overwinnen. Als maat voor het vermogen zulke werkingen uit te oefenen, dient nu ook hetzelfde produkt van massa en snelheid; de cartesianen noemen het *force motrice* van het lichaam, waarbij blijkbaar deze ‘kracht’ identiek is met wat wij de impuls noemen en toto genere verschillend van kracht in de zin van Newton, die met de fluxie, de veranderingssnelheid, van de impuls evenredig is.

Tegen deze theorie van zijn grote voorganger in de filosofie is nu Leibniz onophoudelijk met al de kracht van zijn argumentatie opgekomen. Telkens weer betoogt hij de ongerijmdheid van het denkbeeld het wezen der materie in de uitgebreidheid te zoeken en de totale hoeveelheid beweging te zien als het voor ieder afgesloten systeem onveranderlijke quantum, dat ook hij in de wisseling der bewegingsverschijnselen wil vinden. En zozeer gaat het onderwerp hem ter harte dat men al spoedig de indruk krijgt dat het niet zuiver interne aangelegenheden der theoretische mechanica zijn die hem aansporen tot zo heftig verzet. Dat die indruk juist is, bevestigt hij zelf in zijn briefwisseling met Antoine Arnauld, de theoloog en mathematicus van Port-Royal. Het blijkt hier dat althans een van de wortels van zijn eigen opvatting

over het wezen der materie en de maat van de kracht van een bewegend lichaam geheel op religieus gebied ligt. Leibniz heeft zich namelijk lange tijd ernstig beijverd een weg te vinden waarlangs katholieken en protestanten weer tot vereniging in één kerk konden worden gebracht en hij heeft daarbij geprobeerd de bezwaren die van protestantse zijde tegen het dogma der transsubstantiatie werden aangevoerd, te weerleggen en in het algemeen de logische tegenstrijdigheden op te heffen die de menselijke rede in het mysterie der eucharistie kon ontdekken.

Het dogma der transsubstantiatie, zoals het door het concilie van Trente in 1551 was vastgesteld, leert dat na de consecratie de substantie van het brood en de wijn met behoud van de *accidentia*, dus der uitwendige verschijningsvormen, veranderd zijn in de substantie van het lichaam en het bloed van Christus en dat Christus dus, hoewel volgens zijn natuurlijke wijze van bestaan voortdurend gezeten *ad dexteram patris*,* niettemin *vere, realiter ac substantialiter** aanwezig is onder de vorm van de zintuigelijk waarneembare stoffen brood en wijn. Tegen dit dogma kon de menselijke rede in hoofdzaak drie bezwaren aanvoeren; er kon ten eerste gevraagd worden hoe de substanties van brood en wijn kunnen veranderen in andere substanties die slechts *ad modum spiritus** aanwezig zijn; ten tweede, hoe het mogelijk is dat Christus gelijktijdig aanwezig is in de hemel en op alle altaren der aarde waarop de consecratie wordt verricht; en ten slotte, hoe de *accidentia* van brood en wijn kunnen blijven voortbestaan zonder een substantie, die hun drager is. Het is nu duidelijk dat deze drie moeilijkheden met de materietheorie van Descartes niet zijn op te lossen. Immers, als uitgebreidheid identiek is met de lichamelijke substantie, is een bestaan van het lichaam en het bloed van Christus *ad modum spiritus* ongerijmd, is de gelijktijdige aanwezigheid van een substantie op verschillende plaatsen, de zogenaamde *multilocatio*, ondenkbaar en moet het bestaan van *accidentia sine subjecto* worden ontkend. Descartes, die er altijd erg op uit was met de kerk op goede voet te blijven en die nooit verlegen was om theorieën, heeft wel geprobeerd zijn systeem met de eucharistie in overeenstemming te brengen door middel van hypothesen ad hoc, maar die pogingen hebben evenmin resultaat opgeleverd als de latere theorie der transsubstantiatie van de mechanicus Varignon.

Al de logische bezwaren, die de theorie van Descartes nog eens had geaccentueerd, kon nu echter Leibniz gemakkelijk oplossen door zijn fundamentele stelling dat het wezen der materie niet gelegen is in de uitgebreidheid, maar in een inwendige onstoffelijke activiteit, een *force active*, die, verenigd met het passieve principe, de *materia prima*, de waarlijk reële substanties, de monaden, vormt. Een lichaam is nu een verzameling van een oneindig aantal continu met elkaar samenhangende monaden, die het, naar een beeld van Leibniz zelf, bevat zoals het ordinatenoppervlak van een kromme het zijn ordinaten doet; die monaden zijn zelf zonder uitgebreidheid, maar ze doen zich gezamenlijk voor als een *res extensa* met al de primaire en secundaire eigenschappen der

materie, omdat God gewild heeft dat alles in de wereld zou verlopen *in pondere, in numero et in mensura*.*

Hoe Leibniz nu op grond van deze nieuwe theorie der materie het mysterie der eucharistie wel begrijpelijk meent te kunnen maken voor de menselijke rede, zal hier niet verder worden uiteengezet; wellicht heeft de lezer toch reeds de indruk gekregen dat de bespreking zich thans toch wel heel ver verwijdert van het onderwerp van deze verhandeling, dat immers in de ontwikkeling der mechanica bestond. Die indruk is echter onjuist. Zolang men over Leibniz spreekt, die een van de meest veelzijdige genieën is waarvan de geschiedenis van het denken melding maakt, staan alle gebieden van ons weten in even onmiddellijke samenhang als de monaden het in een organisme doen. Want inderdaad: wanneer men zich afvraagt hoe die *force active*, die entelechie, die in de theologie de *praesentia realis* van Christus in het Heilig Avondmaal kan verklaren en die in de metafysica de theorie der voorbeschikte harmonie mogelijk maakt, waardoor Leibniz de raadselen van de samenhang van lichaam en ziel kan verklaren, zich empirisch aan ons voordoet, dan zijn we ineens weer midden in de mechanica: het blijkt namelijk dat die inwendige kracht bij een bewegend lichaam wordt gemeten door het produkt van de massa en het kwadraat van de snelheid, zodat zij zich slechts door een getallenfactor onderscheidt van onze kinetische energie en dat ze bij een rustend lichaam als *vis mortua* toch in ieder [geval] zeer nauw verwant is met wat wij potentiële energie noemen. In de materietheorie van Leibniz, waarin de lotgevallen der lichamen worden bepaald door de spontane veranderingen van de inwendige activiteit, vindt men dus de kern van de zuiver energetische beschouwingswijze van de natuur, die aan het eind van de negentiende en het begin der twintigste eeuw haar vurige aanhangers heeft gehad.*

Leibniz zelf heeft de waarde mv^2 (produkt van de massa en het kwadraat van de snelheid) als maat voor de kracht van een bewegend lichaam in de plaats gesteld van de cartesiaanse waarde *mv* (produkt van massa en snelheid). De argumentatie waarmee hij dit doet berust op misverstand. Hij beweert namelijk dat de cartesianen gevolg en oorzaak verwarren wanneer ze niet de *quantitas potentiae*, dat is het vermogen tot beweging, maar de *quantitas motus*, dat is de beweging zelf, als invariant beschouwen. Maar zo redenerende hecht hij een overdreven waarde aan de inderdaad ongelukkige term van *quantitas motus*, die in de bovendien onjuiste vertaling ‘hoeveelheid van beweging’ nog in de tegenwoordige mechanica voortleeft. Wanneer de cartesianen die grootheid impuls hadden genoemd of er de scholastische terminus *impetus* voor hadden gebruikt, zou er a priori niet de minste reden meer zijn om de levende kracht boven de impuls of de impetus als maat voor het vermogen van een bewegend lichaam om weerstanden te overwinnen, te verkiezen. En bij nader onderzoek blijkt die reden evenmin te bestaan. Sedert d'Alembert weten we dat de impuls van een stoffelijk punt evenredig is met de tijd waarin het door een constante remmende kracht tot rust wordt gebracht

en de levende kracht met de weg waarover het onder de werking van die kracht kan blijven bewegen. Om dit inzicht te verwerven hebben de beoefenaren der mechanica echter een halve eeuw moeten twisten. Het is een strijd geweest die, zoals dat in die tijd met natuurwetenschappelijke kwesties meer ging - de controversies over de vorm van de aarde zijn er een treffend voorbeeld voor -, de gehele intellectuele wereld interesseerde. Voltaire en Madame du Châtelet hebben er elkaar zelfs over bestreden en Immanuel Kant heeft er zijn eerste werk aan gewijd.

Ik moet nu, over Leibniz sprekende, nog een andere bijdrage van hem tot de mechanica vermelden, die met de besprokene de eigenschappen gemeen heeft dat ze eigenlijk geheel buiten de theorie van Newton omgaat, dat ze voortvloeit uit metafysische beschouwingen en dat ze in de loop van de achttiende eeuw in hoge mate de belangstelling van alle wetenschappelijk ontwikkelde kringen heeft getrokken. Het is het zogenaamde principe der kleinste actie, waarin wordt uitgesproken dat voor de werkelijke bewegingen in de natuur een zekere grootheid, die de som is van de produkten der bewegende massa's met de wegen die ze doorlopen en de snelheden waarmee ze dit doen, een extreme waarde heeft, vergeleken met fictieve bewegingen tussen dezelfde eindpunten, die weinig van de werkelijke afwijken. Dit principe, dat Leibniz nooit heeft gepubliceerd maar waarvan men de invloed op verschillende plaatsen in zijn werken kan nagaan, is het eerst in 1744 in het openbaar uitgesproken door de president der Berlijnse Academie, Maupertuis. Deze formuleert het zo dat voor alle natuurlijke bewegingen de actie een minimum is en dat ook voor lichamen in rust de actie bij een intredende kleine beweging zo klein mogelijk blijft. Hij hecht er vooral waarde aan omdat hij in deze klaarblijkelijk natuurlijke spaarzaamheid met de actie een onomstotelijk bewijs ziet van het bestaan van een wijze Schepper, die de wereld zo economisch mogelijk beheert; hij is overtuigd dat hij met dit principe het metafysisch beginsel heeft gevonden waaruit de gehele mechanica te deduceren zal zijn. De wetenschappelijke toepassingen die Maupertuis van het met zoveel ophef aangekondigde beginsel van de kleinste actie heeft gemaakt, zijn hoogst onbeduidend en het is dan ook niet aan hem, maar aan zijn geniale tijdgenoot Euler te danken dat het zich tot een bruikbaar principe heeft kunnen ontwikkelen. De filosofische beschouwingen echter die hij in zijn *Essay de cosmologie* geeft over het metafysische doel dat hij met zijn theorie vervolgt, zijn als illustratie van de nauwe samenhang die er bij de achttiende-eeuwse mechanici en fysici tussen religieuze of filosofische overtuigingen en natuurwetenschappelijke opvattingen bestaat, hoogst merkwaardig.

Ze leren vooral in wat voor misverstand men verkeert wanneer men het enge verband dat er in de latere achttiende en in de negentiende eeuw tussen mechanistische natuurbeschouwing en materialistische filosofie en wereldbeschouwing heeft bestaan, als een essentiële consequentie van de toepassing der mechanica op het natuuronderzoek beschouwt. Het valt namelijk op dat

Maupertuis en met hem verschillende andere schrijvers er voortdurend de nadruk op leggen dat de overtuiging van het bestaan van een goddelijk wereldbestuur niet in strijd is met de aanname van de streng mechanische wetmatigheid van het natuurgebeuren, waarbij men het woord mechanisch dan echter niet figuurlijk in de zin van machinaal moet opvatten, maar in de ruimere zin van 'onderworpen aan de algemene axiomata der bewegingsleer'. De ongelukkige omstandigheid dat mechanica etymologisch op werktuigkunde schijnt te duiden, heeft het doordringen van dit inzicht altijd in de weg gestaan; de tegenstelling die filosofische schrijvers wel gemaakt hebben tussen dynamisme en mechanisme, waarbij ze dan Leibniz, die een mechanistisch filosoof par excellence is, als tegenstander van een mechanistische natuurwetenschap laten optreden, heeft het bepaald tegengewerkt.

De nadruk waarmee het bedoelde punt herhaaldelijk besproken wordt, wekt de indruk dat de mechanistische natuurbeschouwing in de eerste helft der achttiende eeuw een strijd op twee fronten heeft moeten voeren, een tegen een geloof dat in de vermogens van de menselijke geest geen vertrouwen had, een tegen een ongeloof dat zijn vertrouwen alleen daarin stelde. Vandaar de herhaalde verzekeringen van Leibniz dat de natuur streng mechanisch moet worden verklaard, maar dat de axiomata der mechanica zelf van metafysische oorsprong zijn; vandaar ook de woorden van Maupertuis: 'Une mécanique aveugle et nécessaire suit les desseins de l'Intelligence la plus éclairée et la plus libre.'* En we vinden hier nog eens opnieuw de verklaring waarom men Newtons axiomata niet als een definitieve basis der mechanica kon aanvaarden, waarom de cartesianen vasthielden aan hun behoud van impuls, Leibniz aan de *force active*, Maupertuis en Euler aan de minimum-actie.

Ik kan hier op de in meer dan een opzicht merkwaardige geschiedenis van het principe der kleinste actie, dat zich in het eind van de achttiende en het begin van de negentiende eeuw in de handen van Lagrange, Jacobi en Hamilton tot een der meest fundamentele principes der mechanica zou ontwikkelen, niet ingaan. Twee opmerkingen moet ik echter erover maken. De eerste is deze dat met dit principe de teleologische beschouwingswijze der natuur, die in de zeventiende eeuw sterk op de achtergrond was gedrongen, haar plaats in de fysica ten dele weer herovert, om dan verder in de achttiende-eeuwse natuurbeschouwing niet meer te verdwijnen. Leibniz, die al niet meer zo vijandig staat tegenover de scholastiek als men dat in het begin van de zeventiende eeuw had gedaan en die bijvoorbeeld voor de inwendige activiteit heel rustig de scholastische terminus *forma substantialis* gebruikt, aanvaardt in zijn filosofie volmondig de *causae finales* of doeloorzaken naast de *causae efficientes*. En Maupertuis is van oordeel dat men bij de verklaring der natuurverschijnselen niet alleen moet trachten ze uit de eigenschappen der lichamen af te leiden, maar tevens moet letten op het doel dat in het natuurgebeuren kan worden beoogd.

De tweede opmerking betreft de grote beroering die de toch tamelijk

abstracte wetenschappelijke aangelegenheid der kleinste actie in brede kringen heeft verwekt, toen in 1751 de opzienbarende onthulling werd gedaan dat het principe in de vorm waarin Maupertuis het had uitgesproken, in zoverre onjuist was dat de actie bij bewegingen zoals ze in de natuur verlopen, ook wel een maximum kon zijn (waarmee het hele spaarzaamheidsbewijs voor het bestaan van God in het water viel) en dat het bovendien reeds door Leibniz in juistere vorm was opgesteld. Die onthulling kwam van Samuel König, een Zwitserse mathematicus die een tijdlang in nauwe relatie heeft gestaan tot Voltaire en Madame du Châtelet, welke laatste hij in de hogere wiskunde onderwees en die later een geziene persoonlijkheid is geworden aan het hof van de stadhouder in Den Haag. Het gevolg was het heftige conflict van de Berlijnse Academie met König, waarin Maupertuis, die gevoelig in zijn ijdelheid gekwetst was, met ondersteuning van Euler zo hoogst onbillijk is opgetreden en waarin Voltaire heeft ingegrepen met de satirieke *Histoire du docteur Akakia*, waarin zowel Maupertuis als Euler op de meest onbarmhartige wijze worden bespot. Dit geschrift, dat in Berlijn niet mocht verschijnen maar dat er, in Holland gedrukt, toch doordrong, werd de directe aanleiding van de breuk van Voltaire met de koning, die het libel wel door de beul openlijk kon laten verbranden, maar die de president van zijn Academie nooit meer heeft kunnen herstellen in de positie die hij voor die tijd in veler oog had ingenomen.

De weinig sympathieke wijze waarop Euler, die toch beter dan iemand anders kon weten hoezeer Maupertuis ongelijk had, in deze zaak is opgetreden, hangt, hoewel materiële motieven er ook wel niet vreemd aan zullen zijn geweest, waarschijnlijk eveneens ten nauwste samen met de nauwe relatie waarin ook in zijn werk theologische en mathematische gezichtspunten tot elkaar stonden. Euler was namelijk een streng rechtzinnig protestant, die in geloofszaken fanatiek partij trok. Dat fanatisme toont hij vooral wanneer het erom gaat de filosofie van Leibniz, zoals die door Wolff verder was ontwikkeld, te bestrijden, wat hij bijvoorbeeld uitvoerig en niet onvermakelijk doet in de *Lettres à une princesse allemande*. Het is zeer aannemelijk dat het principe der kleinste actie in de teleologische wending die Maupertuis eraan gegeven had, hem om religieuze redenen zeer ter harte ging en dat hij het niet heeft kunnen verdragen dat het met de gehate filosofie van Leibniz in verband werd gebracht.

Over de samenhang van theologie en wiskunde in de zeventiende en achttiende eeuw zou nog veel gezegd kunnen worden. Men zou bijvoorbeeld tal van mathematici kunnen noemen, vooral in Engeland, die tevens theoloog waren of dit later werden, zoals Oughtred, Wallis, Barrow, Pell; anderen, die althans sterk theologisch geïnteresseerd zijn, zoals Napier, de uitvinder der logaritmen, die een commentaar op de Openbaring van Johannes schreef, waarin hij aantoont dat de Antichrist de paus van Rome is, en Newton, die in zijn werken dezelfde Openbaring en bovendien de profetieën van Daniël

uitvoerig heeft behandeld; men zou nog kunnen wijzen op menige onverwachte gedachtenverbinding tussen mathematische vondsten en inzichten en godsdienstige overtuigingen in de werken van de Bernoulli's en Euler.

Liever dan hierover uit te weiden wil ik dezelfde samenhang nog van de andere kant uit toelichten door een voorbeeld te noemen van de toepassing van mathematische methoden in de theologie. Het is te vinden in de *Demonstratio evangelica* van de Franse bisschop Pierre Daniel Huet, die niets minder nastreeft dan een complete axiomatisering van de christelijke godsdienst. Het gaat streng euclidisch in zijn werk: zeven definitiones; twee postulaten, waaronder een de eis bevat dat de lezer zal komen met een gewillig en naar waarheid strevend gemoed, niet met weerbarstige en stijfhoofdige gevoelens; vier axiomata, zoals: alle vermogen tot profeteren is uit God. Daarop volgen dan tien proposities, bewezen volgens alle regelen der mathematische kunst. De bewijzen onderscheiden zich van die van mathematische stellingen echter vooral door hun omvang: zo eist de vierde propositie: 'De boeken van het Oude Testament zijn echt', een bewijs van 473 bladzijden, de negende: 'Jezus van Nazareth is de Messias', een van 517 bladzijden.

Een dergelijke toepassing van de wiskundige methode is natuurlijk tevens een symptoom van een algemene neiging in de zeventiende en achttiende eeuw om van de helderheid en de overtuigende werking van de mathematische betoogtrant ook op andere gebieden partij te trekken. Spinoza's *Ethica* is er het beroemdste voorbeeld van; een duidelijke formulering van de overtuiging die eraan ten grondslag ligt, vindt men in de verklaring van Fontenelle in de voorrede van zijn *Eloges*: 'Un ouvrage de Morale, de Politique, de Critique, peut-être même d'Eloquence en sera plus beau, s'il est fait de main de Géomètre'.[*]

Natuurlijk rijst tegen de toepassing van de wiskunde in filosofische en theologische beschouwingen ook wel verzet; vooral in piëtistische kringen zag men de rationalisering der theologie die men er als gevolg van vreesde, met lede ogen; de uitlating van de piëtistische professor Francke uit Halle dat hij iemand die Euclides bestudeerde niet meer tot christen kon maken en de mening van zijn orthodoxe collega Lange dat de wiskunde een *falsa eruditio* is die rechtstreeks naar het atheïsme voert, zijn er sprekende uitingen van.

Andere theologen staan ook wel kritisch tegenover de wiskunde, maar met meer begrip en inzicht. Ik wil als slot van dit artikel hiervan een historisch belangrijk voorbeeld behandelen, namelijk dat van de Engelse filosoof en theoloog Berkeley, die in 1734 door zijn kritiek op de fluxierekening van Newton de stoot heeft gegeven tot een jarenlang voortgezette polemiek over de grondslagen van de infinitesimaalrekening, die voor de verheldering der denkbeelden van waarde is geweest.

Berkeley publiceerde in dat jaar een geschrift *The Analyst* met de ondertitel *An address to an infidel mathematician*, dat zeer waarschijnlijk gericht is geweest tegen de bekende astronoom Halley en waarin hij betoogt dat de

redeneringen van Newtons fluxierekening zo zeer spotten met alle redelijkheid, dat het onbegrijpelijk is dat iemand die zijn logisch denken in voldoende mate kan verloochenen om die redeneringen te volgen, verstandelijke bezwaren kan inbrengen tegen de dogma's der christelijke religie. Om dit toe te lichten gaat hij na hoe Newton de fluxie afleidt van de functie $y = x^n$. Hij doet dit door aan x een kleine aangroeiing te geven, voorgesteld door de letter o en nu de bijbehorende aangroeiing van y uit te rekenen. Dat wordt dan

$$\Delta y = (x + o)^n - x^n = n.o.x^{n-1} + ... + o^n$$

De verhouding der bijeenbehorende aangroeiingen van y en van x is nu

$$n.x.^{n-1} + n(n\text{-}1)/2.\ o.x^{n-2} + ...\ o^{n-1}$$

Hierna vervangt Newton o door de waarde nul, laat dus alle termen verdwijnen die nog o bevatten en vindt voor de gevraagde fluxie nx^{n-1}, wat ook inderdaad de waarde is die de differentiaalrekening daarvoor aangeeft.

Berkeley verklaart dit gehele betoog voor een groot sophisma. De redenering, zegt hij, is gebaseerd op de onderstelling dat x aangroeit met een bedrag o; o is dus essentieel verschillend van nul; het is dus ongeoorloofd nu achteraf o gelijk aan nul te stellen.

En daaruit volgt nu een geharnast betoog tegen de gehele behandeling van de infinitesimaalrekening door Newton en Leibniz, één felle en niet eindigende aanklacht tegen al die oneindig kleine grootheden, kleinste tijdsdelen, ontstaande aangroeiingen, beginnende snelheden en beginnende snelheden van beginnende snelheden, waarvan hun beschouwingen vervuld zijn. Wie dat alles kan slikken meent Berkeley, ‘needs not be squeamish about any point in divinity’. Wie een derde fluxie aandurft behoeft voor de Drieëenheid niet terug te deinzen. En als er nu toch eenmaal mysteriën moeten worden aanvaard, dan nog maar liever in *Divine Faith* dan in *Human Science*.

Het is natuurlijk voor de hedendaagse wiskundige duidelijk dat de bisschop, strikt genomen, met zijn kritiek volkomen gelijk had. Het is inderdaad ongeoorloofd, o gelijk aan nul te stellen; men mag o alleen tot nul laten naderen. Voor de ontwikkeling der wiskunde kunnen we dankbaar zijn dat de produktieve mathematici der achttiende eeuw minder scrupuleus zijn geweest dan hun geestelijke criticus.

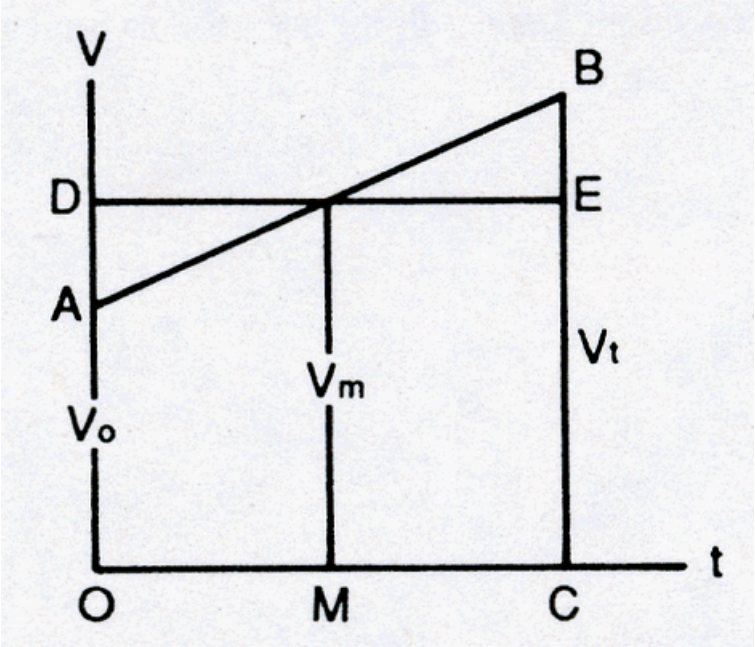
Met de bovenstaande beschouwingen is het onderwerp waarover dit opstel handelt, natuurlijk niet in het minst uitgeput. Wellicht heeft het echter enige indruk kunnen geven van de grote betekenis die het wiskundig denken in de zeventiende en achttiende eeuw voor de ontwikkeling der natuurwetenschappen heeft gehad en van de sterke invloed die het op de gehele cultuur van die tijd heeft uitgeoefend.

Eindnoten:

1 Aankondigingen onder andere in: *Weekblad voor gymnasiaal en middelbaar onderwijs* 29 (1932-33) 124-125. In dit blad werd van elke lezing een samenvatting gepubliceerd. Voor de lezing van Dijksterhuis: *Ibid.*, 508-513.

2 L.G.M. Baas Becking, ‘Atheners en Boeotiërs. Een boutade en een apologie’, in: *De Gids* 92 (1928) III, 103-113. Ook later heeft Baas Becking zich nog wel zorgelijk uitgelaten over de schromelijke miskenning van de waarde van de natuurwetenschappen in kringen van de beoefenaars van de geesteswetenschappen. In een lezing ‘Biologie en maatschappij’ voor de Vereniging van leraren in de plant- en dierkunde sprak hij op 4 maart 1933 bijvoorbeeld over ‘de meest krasse vervreemding van de natuurwetenschap waaraan een groot deel van de Nederlandse intellectuelen lijden, bijvoorbeeld vele van onze leiders, die over het algemeen uit rechtsgeleerde kringen komen’. Zie het verslag van deze lezing in: *Vakblad voor biologen* 14 (1932-1933) 151.

* ‘impopulariteit’: Tegen de impopulariteit die de wiskunde vooral in het interbellum had, heeft Dijksterhuis zich keer op keer verzet. Al in 1920 keerde hij zich in een artikel tegen de plannen om op middelbare scholen de aandacht voor de wiskunde in te perken, hoewel hij het idee had dat zijn protest niet veel zou uitrichten. Want, zo schreef hij, ‘de geest van de tijd schijnt vijandig te zijn aan de mathesis’ (‘Over wiskundig onderwijs’, in: *Weekblad voor gymnasiaal en middelbaar onderwijs* 17 (1920-1921) 947-968, in het bijzonder 968). Een kleine twintig jaar later was de situatie niet noemenswaard verbeterd; tegen het eind van de jaren dertig maakte de gedachte opgang om de wiskunde te verbannen van het lesrooster van het Gymnasium-alfa. Ook daar keerde Dijksterhuis zich tegen, nu in een Gids-artikel: ‘Haat tegen de wiskunde’, in: *De Gids* 102 (1938) IV, 347-350.
* ‘Ignorato motu’: ‘Als de beweging niet wordt begrepen, wordt de natuur niet begrepen.’
* Deze uiteenzetting wordt duidelijker als de figuur wordt bijgevoegd die Dijksterhuis later in *De mechanisering van het wereldbeeld*, p. 216 van de regel van Oresme liet opnemen:



Regel van Oresme. De weg, in zekere tijd afgelegd in een eenparige beweging waarvan de snelheid groeit van v_o tot v_t, is gelijk aan de weg die in dezelfde tijd wordt afgelegd in een eenparige beweging waarvan de snelheid gelijk is aan die van de eenparig veranderlijke op het middelste ogenblik van het beschouwde tijdvak.

* ‘Stoicheiotos’: letterlijk: de man van de Elementen, bijnaam voor Euclides.
* ‘schooljongen’: In de jaren twintig is een uitvoerige discussie gevoerd over de vraag of onderdelen van de hogere wiskunde, in het bijzonder de differentiaal- en integraalrekening, opgenomen moesten worden in het lesprogramma van de HBS. Dijksterhuis behoorde tot de voorstanders en in de jaren dertig is het vak ook op de HBS ingevoerd.
* De stelling dat de wetenschappelijke revolutie van de zeventiende eeuw niet gekenmerkt wordt door de invoering van de empirische methode, maar vooral door strikt conceptuele veranderingen in natuurwetenschappelijk denken (in het bijzonder in de mechanica) zou later grote bekendheid verwerven door de publikaties van de Franse filosoof en wetenschapshistoricus Alexandre Koyré, vooral diens *Etudes galiléennes* (Parijs, 1939).
* ‘cependant’: ‘Toch begrijp ik niet hoe hij de zwaarte of de aantrekking opvat, het schijnt dat het volgens hem slechts een zekere onstoffelijke en onverklaarbare kracht is, terwijl u haar zeer plausibel verklaart door middel van de wetten van de mechanica.’
* ‘Quia est in eo virtus dormativa’: ‘Omdat daarin een slaapverwekkende kracht huist, waarvan het de aard is de zintuigen te verdoven.’

* ‘Quia est in ea virtus attractiva’: ‘Omdat daar een aantrekkende kracht in huist, waarvan het de aard is zware lichamen in beweging te brengen.’
* ‘Newtons werk’: Een blijk van de nieuwe aandacht voor Newton was de publikatie van een Nederlandse studie van zijn *Principia*: H.J.E. Beth, *Newtons Principia* (2 delen, Groningen, 1932). Beth was een goede vriend van Dijksterhuis en het boek verscheen in de door Beth en Dijksterhuis geredigeerde serie Historische bibliotheek voor de Exacte Wetenschappen.
* ‘Ce système’: ‘Dat systeem, dat zozeer de Voorzienigheid ontlast’.
* ‘Sire’: ‘Sire, ik had geen behoefte aan die hypothese’.
* ‘ad dexteram’: ‘aan de rechterhand van de Vader’.
* ‘vere’: ‘waarlijk, werkelijk en stoffelijk’.
* ‘ad modum’: ‘op geestelijke wijze’.
* ‘in pondere’: ‘naar gewicht, getal en maat’.
* ‘energetische beschouwingswijze’: De energetische beschouwingswijze werd rond de eeuwwisseling met kracht naar voren gebracht door de Duitse fysisch-chemicus en filosoof Wilhelm Ostwald (1853-1932). Energie had volgens Ostwald een hogere graad van werkelijkheid dan de materie en daarom was energie het enige verklaringsprincipe in de natuurwetenschappen.
* ‘une mécanique aveugle’: ‘een blinde en noodzakelijke mechanica volgt de bedoelingen van de meest verlichte en vrije Intelligentie’.
* ‘Un ouvrage de Morale’: ‘Een werk op het terrein van de zedeleer, de politiek, de kritiek, misschien ook zelfs de welsprekendheid, zal er schoner door worden als het komt van de hand van een wiskundige.’

De mechanisering van het wereldbeeld

Toen Dijksterhuis in 1952 de P.C. Hooftprijs kreeg voor zijn hoofdwerk *De mechanisering van het wereldbeeld* (1950), vermeldde de jury in haar rapport dat in dit meesterwerk een veelzijdige en grondige geleerdheid gepaard werd aan een ‘nimmer falende vormbeheersing’. Zij prees de compositie van het boek, dat begint met een uiteenzetting van het probleem, dat vervolgens dit probleem in zijn historische ontwikkeling onderzoekt en dat aan het eind tot een oplossing komt. De lijn die met grote vastheid door het boek is getrokken, geeft het, zo vond men, ondanks de grote omvang toch het karakter van een gesloten betoog.[1]

Opvallend is het dat de jury het boek dus niet beschouwde als een overzicht van de geschiedenis van de natuurwetenschap tot de tijd van Newton, maar als een boek dat met behulp van de geschiedenis van de natuurwetenschap het meer systematische probleem wilde oplossen wat nu precies de aard is van de moderne natuurwetenschap, die sinds de zeventiende eeuw mechanistisch werd genoemd. Het boek is dus eerder een wetenschapstheoretische verkenning van de geschiedenis van de natuurwetenschap dan een zuiver wetenschapshistorische verhandeling.

Zo is *De mechanisering van het wereldbeeld* sinds het verschijnen doorgaans echter niet bekeken; in de regel beschouwde men het boek toch als een superieur geschreven historisch overzicht van de wording van de klassieke natuurwetenschap. Dat was het natuurlijk óók. Het boek laat zich nu eenmaal uitstekend lezen als een historisch overzicht en is als zodanig nog allerminst verouderd. Maar het loont de moeite het boek ook weer eens, net als in het juryrapport uit 1952, te bekijken als poging een oplossing te vinden voor een probleem dat op zichzelf niet historisch was, maar wel met behulp van de geschiedenis kon worden opgelost. Als we dat doen en het boek dus bezien als een speurtocht naar de betekenis van het begrip ‘mechanistisch’ (met alle verwante termen), wordt namelijk veel duidelijker wat de actuele culturele betekenis van het boek was en nog steeds is.

Cruciaal is in dit verband natuurlijk de slotbeschouwing waarmee Dijksterhuis het boek afsluit. Hij komt daar tot een duidelijke omschrijving van wat het naar zijn mening betekent als we over de mechanisering van het wereldbeeld spreken. Na verschillende bijbetekenissen van het begrip ‘mechanistisch’ overwogen en verworpen te hebben, zegt hij in de slotzin:

> De mechanisering, die het wereldbeeld bij de overgang van antieke naar klassieke natuurwetenschappen heeft ondergaan, heeft bestaan in de invoering van een natuurbeschrijving met behulp van de mathematische begrippen der klassieke mechanica; zij beduidt het begin van de mathematisering der natuurwetenschap, die in de fysica der twintigste eeuw haar voltooiing krijgt.[2]

Mechanisering is in de kern dus mathematisering, en alle andere betekenissen, zoals ‘voor te stellen in een aanschouwelijk model’ of ‘het gedetermineerd zijn van de natuur’, zijn slechts bijbetekenissen die misschien tijdelijk een rol hebben gespeeld, maar in de verdere geschiedenis steeds onbelangrijker zijn geworden, totdat ze in de twintigste eeuw, met de introductie van de quantummechanica, geheel overboord zijn gezet.

In zijn slotbeschouwing is Dijksterhuis slechts kort ingegaan op de lotgevallen van de mechanistische terminologie na Newton. Het was hem te doen om het ontstaan van de mechanistische natuurwetenschap en hij stopte op het moment dat naar zijn mening het karakter van die wetenschap voldoende duidelijk was geworden. Van de fysici die na Newton kwamen noemt hij dan ook slechts enkele namen. In de voordracht die hier in een speciaal voor deze bundel gemaakte vertaling is opgenomen en die geheel aan het terminologische probleem is gewijd, gaat Dijksterhuis juist wel uitvoerig in op de periode na Newton. In zekere zin is deze voordracht dus te beschouwen als een uitwerking van de slotbeschouwing in *De mechanisering van het wereldbeeld*. De schrijver laat het nu niet bij het noemen van wat namen, maar gaat bijvoorbeeld in op de geschiedenis van het begrip energie en op het werk op dat terrein van Julius Robert Mayer. Zo is de aansluiting bij de eigen tijd beter gewaarborgd. Maar ook in een ander opzicht biedt de voordracht iets nieuws. Dijksterhuis wijdt nu een apart deel van zijn betoog aan de toepassing van de mechanistische terminologie op wetenschapsgebieden die hij in zijn boek niet kon behandelen, zoals de moderne biologie en de sociologie. Speciaal het gebruik van begrippen als ‘mechanisch’ en ‘mechanistisch’ op het terrein van de sociale wetenschappen was geschikt om de verwarring te schetsen die voort kon komen uit een onkritisch gebruik van dergelijke termen.

Juist door de behandeling van de terminologische problematiek in de sociale wetenschappen kreeg het betoog ook een actualiteit die in *De mechanisering van het wereldbeeld* alleen nog maar impliciet aanwezig was. In de jaren vijftig werd algemeen erkend dat de natuurwetenschap een groot aantal problemen had veroorzaakt, waarvan het bestaan van de atoombom misschien wel het meest bedreigende was. In de discussie over de dreiging die van de atoombom uitging, speelde echter de vraag in hoeverre de moderne natuurwetenschap mechanistisch kon worden genoemd slechts een ondergeschikte rol. Anders lag dat bij de discussie over de wenselijkheid van de toepassing van natuurwetenschappelijke denkwijzen en procédés op andere terreinen van wetenschap, bijvoorbeeld in de sociale wetenschappen. Het kon in het nadeel van een bepaalde methode van sociaal-wetenschappelijk onderzoek zijn als die methode mechanistisch kon worden genoemd. Ook de opkomst van de computer gaf de discussie over de mechanisering van het denken een belangrijke impuls. Voorstellingen over mechanisering van intellectuele vermogens speelden bijvoorbeeld een belangrijke rol in het werk van de door Dijksterhuis aangehaalde Nederlandse socioloog Fred. L. Polak, de grondlegger van de wetenschap van de futurologie en voor velen in de jaren vijftig een leidsman op wetenschappelijk terrein. Door op de misverstanden in diens werk in te gaan, legde Dijksterhuis dus een verbinding tussen zijn toch door velen als ‘moeilijk’ ervaren boek en actuele discussies over de maatschappelijke implicaties van de wetenschap.[3]

Tegenwoordig is de naam van Polak in de vergetelheid geraakt en met hem de futurologie, maar de problemen die Dijksterhuis behandelde zijn er niet minder op geworden. De begripsmatige opheldering die de historicus bracht heeft daarom aan actualiteit minder ingeboet dan de al lang vergeten voorspellingen van de futuroloog.[4]

De mechanisering van het wereldbeeld[1]

I

Wanneer ik in de titel van de voordracht waarvan ik de eer heb die hier voor u te mogen houden het woord mechanisering gebruik, dan doe ik dat niet in de waan dat de betekenis van dit woord zo ondubbelzinnig vast zou staan dat het voor de karakterisering van een bepaalde ideeëninhoud bijzonder geschikt zou zijn, maar in tegendeel in de overtuiging dat de term mechanisering en de verwante uitdrukkingen, in de eerste plaats mechanica, vervolgens ook mechanisme en mechanicisme en ten slotte de adjectieven mechanisch, mechanistisch, en mechanicistisch, voor zoveel verschillende uitleg vatbaar en zo rijk aan betekenis zijn dat de tijd gekomen is zich er eindelijk rekenschap van te geven wat men daar eigenlijk mee bedoelt. Mijn titel snijdt daarom een terminologisch probleem aan: waar dient men bij het woord mechanisering en de verwante uitdrukkingen aan te denken?

Dat is in de eerste plaats een vraag die in de geschiedenis van de exacte wetenschappen thuishoort: alle genoemde termen zijn afkomstig uit de ontwikkelingsgeschiedenis van de fysica en wanneer wij ergens informatie over hun betekenis moeten zoeken, dan is dit de aangewezen plek; in de tweede plaats is het een algemene wetenschapstheoretische vraag die niet alleen de exacte natuurwetenschappen betreft, want de genoemde woorden worden immers ook met meer of minder recht in verschillende andere takken van wetenschap gebruikt; en in laatste instantie is het dus een filosofische vraag, indien men tenminste met Lichtenberg de filosofie als het corrigeren van het taalgebruik mag definiëren.

Laten we ons eerst tot de geschiedenis van de wetenschap richten om na te gaan hoe deze terminologie met betrekking tot de mechanica in de loop der eeuwen tot stand is gekomen. Zij vindt haar oorsprong in het Griekse woord μηχανή dat werktuig betekent. Het zo niet door Aristoteles zelf geschreven, dan toch wel uit zijn school afkomstige werk *Mechanica problemata* houdt zich daarom voornamelijk bezig met vraagstukken die betrekking hebben op de destijds bekende eenvoudige werktuigen (in het bijzonder de vijf zogenaamde *dunameis* of eenvoudige ‘machten’: hefboom, katrol, windas, wig en

1 Voordracht, gehouden op 26 november 1951 voor de Philosophische Gesellschaft in Bremen in samenwerking met de Physikalische Verein.

schroef) en hun praktische toepassing. In dezelfde betekenis komt het woord mechanica bij Hero van Alexandrië als boektitel voor.

Inmiddels had dit woord mechanica bij Archimedes reeds een verandering in betekenis ondergaan die historisch uitermate belangrijk zou blijken te zijn. Archimedes idealiseert namelijk de hefboom tot een wiskundige lijn waaraan de eveneens geïdealiseerde gewichten hangen, bewijst de hefboomswet op zuiver axiomatische grondslag en gebruikt het aldus verkregen onstoffelijke werktuig voor de afleiding van wiskundige stellingen. De aldus gefundeerde en als barycentrische methode* zuiver mathematisch toegepaste mechanica is nu helemaal geen werktuigkunde meer, maar een tak van de zuivere wiskunde. Wanneer in deze mechanica sprake is van een hefboom of een gewicht, dan hebben deze begrippen met het praktische werktuig hefboom of met een zwaar lichaam niet meer te maken dan een wiskundige rechte lijn met een gespannen koord of een wiskundig vlak met een glad tafelblad. Ze horen nu thuis in een andere wreld, in het rijk van de platoonse of mathematische vormen waarmee de gelijknamige objecten van de zintuiglijke wereld door *methexis*, deelname, of *mimesis*, nabootsing, in verband staan. Reeds in de Oudheid blijkt dus dat mechanica zowel de leer van de werking van zeer tastbare vaste werktuigen kan betekenen, als een zuiver wiskundige discipline. Dat men deze twee betekenissen niet uit elkaar heeft gehouden en hun verschil derhalve ook niet in de benaming tot uitdrukking heeft laten komen, vormt de diepste bron voor de dubbelzinnigheid van de mechanica-terminologie waarmee wij heden ten dage zoals wij nog zullen zien nog steeds te kampen hebben.

Het is een opmerkelijk gevolg van deze verwarring, of liever van dit gebrek aan onderscheid, dat men wanneer er sprake is van Archimedes zo dikwijls het standpunt hoort huldigen dat hij de afleidingen van wiskundige stellingen die hij in het geschrift *Ephodos*, of volledi ger *Methode van de mechanische theoremata* met behulp van de barycentrische methode heeft gegeven, de naam van echte bewijzen niet waardig achtte (en dat hij dat gedaan heeft is een vaststaand feit), omdat daarin gebruik wordt gemaakt van de aan de zintuiglijk waarneembare wereld ontleende begrippen hefboom, steunpunt, zwaartepunt, gewicht enzovoorts. Deze bewering laat zich zonder moeite weerleggen. In het bij zijn leven gepubliceerde geschrift *Kwadratuur van de parabool*, waarvoor hij dus de volle verantwoordelijkheid aanvaardde, past hij namelijk eveneens de barycentrische methode toe en de mathematische strengheid kan dus naar zijn mening door gebruikmaking van deze methoden op zichzelf niet nadelig zijn beïnvloed. Hoe zou dat ook mogelijk zijn geweest? Alle begrippen van de zuivere wiskunde zijn volgens de platoonse opvatting, die alle Griekse wiskundigen en astronomen huldigen, juist in die zin aan de zintuiglijk waarneembare wereld ontleend dat de zintuiglijke ervaring de ziel ertoe heeft gebracht zich de ideële vormen te herinneren die zij voor de verbinding met het lichaam in de transcendente ideeënwereld heeft aanschouwd. Dat gaat voor de begrippen hefboom en evenwicht evenzeer op als voor rechte lijn en

gelijkheid, en indien men een axiomatisch opgebouwde mechanica om deze reden als niet streng zou willen kritiseren dan zou er helemaal geen zuivere wiskunde mogelijk zijn. Precies dezelfde neiging tot idealiseren of mathematiseren die bij Archimedes tot een zuiver mathematische mechanica leidt, valt overigens ook reeds in de theoretische werktuigkunde van de Grieken te constateren, zij het dat zij zich hier beperkt tot het in gedachten uitschakelen van storende invloeden zoals wrijving en luchtweerstand, die de uitwerking van de mechanische wetten, waaraan de eenvoudige 'machten' onderhevig zijn, zozeer kunnen camoufleren dat zij in het geheel niet meer te herkennen zijn.

Voor ik deze korte inleiding over de antieke oorsprong van het woord mechanica en over de verandering in zijn betekenis in de Oudheid afsluit, wil ik nog opmerken dat μηχανή in het Grieks een synoniem bezit en wel ὄργανον, dat in onze woorden organisch en organisme voortleeft. Wanneer men bedenkt dat bijvoorbeeld in de biologie mechanisch en organisch als absolute tegenstellingen worden opgevat, wordt niet alleen duidelijk op welke wonderlijke manier de verdere lotgevallen van woorden die oorspronkelijk ongeveer hetzelfde betekenden kunnen verschillen, maar ook hoe gevaarlijk het zou zijn bij semantisch onderzoek als het onze een beroep te doen op etymologische argumenten.

Wanneer bij de heropleving van de natuurwetenschap en de wiskunde in de zestiende eeuw het woord mechanica weer als boektitel optreedt, heeft het aanvankelijk wederom de speciale betekenis van werktuigkunde: in algemene zin gebruikt betekent het in deze tijden ongeveer wat wij tegenwoordig techniek noemen. Zo mag men in de bekende uitspraak van Leonardo da Vinci: 'De mechanica is het paradijs van de mathematische wetenschappen, want door haar plukt men de vruchten van de wiskunde'[2], waarschijnlijk niet meer lezen dan de uitdrukking van zijn verheugde verbazing dat de wiskunde (overigens nog op zeer primitieve wijze) bij de behandeling van de eenvoudige machines toepasbaar is, dat men daar dus profijt van haar kan trekken. Galilei noemt een klein, in 1594 geschreven, maar pas in 1634 door Mersenne uitgegeven geschrift over de vijf eenvoudige machines *Della scienza meccanica*. En de volledige titel van zijn hoofdwerk, de *Discorsi*, luidt vertaald: *Gesprekken en wiskundige bewijzen inzake twee nieuwe wetenschappen, de mechanica en de lokale bewegingen betreffend*. Hier wordt dus de leer van de beweging van vallende en geworpen lichamen nog niet tot de mechanica gerekend. Wat hij zich bij deze woorden eigenlijk voorstelt wordt niet helemaal duidelijk. In de eerste en tweede Dag*, die aan de mathematische theorie van val en worp in de derde en de vierde Dag voorafgaan, is weliswaar sprake van verschillende theorieën die ook volgens huidige opvattingen in de

2 Ms. E 8v. Leonardo da Vinci, *Tagebücher und Aufzeichnungen*. Vertaald en bezorgd door Theodor Lücke (Leipzig 1930), p. 473.

mechanica thuishoren, zoals de sterkteleer en de leer van de slingerbeweging, maar ook van het soortelijk gewicht van de atmosferische lucht, van de theorie van de *horror vacui* en van de structuur van de materie, allemaal zaken die wij tegenwoordig tot de algemene fysica rekenen.

Het spraakgebruik wordt in de zeventiende eeuw echter snel anders: reeds kort na Galilei is mechanica de gebruikelijke naam geworden voor een door zijn fundamentele onderzoekingen geïnspireerde zuiver mathematische leer van de beweging en van het evenwicht, terwijl de oorspronkelijke werktuigkunde, weliswaar voorlopig uitsluitend in haar geïdealiseerde vorm, in status daalt tot een toepassingsgebied van de statica. Men had veel misverstanden kunnen voorkomen indien men destijds voor deze nieuwe tak van de mathematische fysica een nieuwe naam, bijvoorbeeld kinetica, bewegingsleer, had ingevoerd.

Tot dusver is de geschiedenis van het woord mechanica slechts een interne aangelegenheid van de geschiedenis van de wiskunde en de fysica geweest. Maar in de zeventiende eeuw breidt het gebied van zijn toepassingen zich sterk uit aangezien men het ook begint te gebruiken ter karakterisering van bepaalde kosmologische theorieën en wel in de allereerste plaats als aanduiding voor het wereldbeeld van de atomistiek. Volgens de door Leucippus en Democritus opgestelde theorie, die haar voortbestaan en grote verbreiding echter voornamelijk te danken heeft aan de dichterlijke vorm waarin zij door Lucretius in zijn leerdicht *De rerum natura* was voorgesteld, zijn alle verschijnselen, zowel die in de natuur als die in ons innerlijk leven, het gevolg van bewegingen van volkomen harde, ondeelbaar kleine lichaampjes, die in een lege ruimte kunnen bewegen en alleen door druk en botsing invloed op elkaar kunnen uitoefenen. Buiten deze atomen en deze lege ruimte bestaat er helemaal niets. In de daaruit samengestelde wereld gebeurt niets toevallig maar alles met reden en noodzakelijkheid.

Het is nu in de zeventiende eeuw de gewoonte geworden en tot in onze tijd de gewoonte gebleven deze wereldbeschouwing mechanisch te noemen en de soort causaliteit waaraan de verschijnselen volgens deze opvatting onderworpen zijn als mechanische causaliteit te kenschetsen. Dit is de moderne mens zo vertrouwd geworden dat hij zich om de diepere rechtvaardiging van deze benaming geen zorgen pleegt te maken en in het bijzonder nalaat zich af te vragen of de Grieken, die het adjectief μηχανικός immers ook kenden, het eveneens ter karakterisering van de betreffende theorie hebben gebruikt.

Maar wanneer men zich dit afvraagt, komt men voor een verrassing te staan. Niet alleen is er geen spoor van een dergelijk gebruik van het woord mechanisch te vinden, maar met enig nadenken kan men zich er ook eenvoudig van overtuigen dat de Grieken er beslist nooit op gekomen zouden zijn het met het wereldbeeld van de atomistiek in verband te brengen; zij zouden veeleer hoogst verbaasd zijn geweest over de keuze van dit woord. Wat heeft een werktuig, een μηχανή, in vredesnaam te maken met het demokritische we-

reldbeeld? Een werktuig is een bewust voor een bepaald doel geconstrueerd ding waarvan de functie van ieder onderdeel is afgestemd op dit doel. Wanneer we het in de hand nemen en laten werken, weten wij precies wat er zal gebeuren. De wereld der atomen heeft daarentegen helemaal geen doel en kan ook geenszins vanuit een samenhangend gezichtspunt worden beschouwd. Een oneindig aantal kleine deeltjes is geheel willekeurig in een oneindige ruimte verdeeld, de posities die zij op een zeker tijdstip innemen en de snelheden die zij dan bezitten gehoorzamen geen enkele regel. Waarin schuilt dan de analogie met een werktuig?

Het is de moeite waard in dit verband na te gaan welk Grieks woord eigenlijk het meest geschikt geweest zou zijn om begrippen die men tegenwoordig als 'mechanische wereldbeschouwing', 'mechanische causaliteit', 'causaal-mechanisch' aanduidt, weer te geven. Wanneer men dat doet stuit men telkens weer op het woord ἀνάγκη, dat in de Oudheid de blind werkende natuurkracht en noodzakelijkheid betekent in tegenstelling tot het verstand, νοῦς. In zijn *Timaios* zet Plato de opvatting uiteen dat Noûς bij het ontstaan van de wereld over ᾽Ανάγκη de overhand heeft gekregen en haar heeft kunnen overreden de meeste van de geschapen dingen toch nog ten goede te keren.[3] Bij Democritus speelt Noûς echter geen enkele rol. Het in *Timaios* beschreven wereldbeeld wordt dan ook algemeen beschouwd als het absolute tegendeel van het wereldbeeld van de atomistiek. De platoonse wereld lijkt echter aanzienlijk meer dan de demokritische op een goed en vernuftig geconstrueerde, onder intelligente supervisie functionerende machine, en wanneer de Grieken voor de opgave hadden gestaan een van beide het predikaat μηχανικός te verlenen, dan zouden zij het beslist zonder aarzelen hebben toegedacht aan de platoonse wereld, zij het dan dat zij voor het levende wezen dat deze wereld is de voorkeur gegeven zouden hebben aan de aanduiding organisch. Het wereldbeeld van de atomistiek zou veel beter anangkisch kunnen heten dan mechanisch. Eigenlijk is het verbazingwekkend dat men de mogelijkheid het woord ἀνάγκη en zijn afleidingen ter karakterisering van bepaalde natuurwetenschappelijke en filosofische begrippen te gebruiken, altijd onbenut heeft gelaten.

De geleerden in de zeventiende eeuw, die het atomistische wereldbeeld niettemin als mechanisch kenschetsten, hebben blijkbaar een andere gedachtengang gevolgd dan de hier geschetste. Zij zullen zich hebben afgevraagd of de volkomen willekeur die op een bepaald tijdstip in de wereld der atomen heerst als gevolg heeft dat nu ook het verdere verloop van de dingen in deze wereld aan het toeval blijft overgelaten en zij zullen zich daarbij de uitdrukkelijke verzekering van Leucippus hebben herinnerd dat alles geschiedt ᾽εκ λόγου τε καὶ ὑπ᾽ ἀνάγκης[4], met reden en uit noodzakelijkheid. Dat bete-

3 Plato, *Timaios* 48a.
4 Leucippus, Diels VS 54 B2.

kent niet dat het menselijk verstand kan weten wat later zal gebeuren en eerder is geschied. Het bovenmenselijk verstand daarentegen, dat door Laplace in zijn *Essai philosophique sur les probabilités* is geïntroduceerd en waarop Emil du Bois Reymond later in zijn voordracht van 1872 met zijn belangrijke uiteenzetting over de grenzen van de kennis der natuur heeft ingehaakt, was daartoe wel in staat. 'Een geest,' aldus Laplace, 'die voor een gegeven ogenblik alle krachten die de natuur leven inblazen en de onderlinge positie van de wezens waaruit zij bestaan zou kennen, zou, indien hij verder groot genoeg zou zijn om deze gegevens aan een analyse te onderwerpen, in één formule de bewegingen van de grootste wereldlichamen en van het lichtste atoom samenvatten: niets zou voor hem ongewis zijn, en toekomst zowel als verleden zou hij in een oogopslag kunnen overzien.'[5]

Aan welke voorwaarden zou derhalve moeten worden voldaan opdat de geest van Laplace zijn wonderbaarlijke werking zou kunnen ontplooien? De eerste wordt duidelijk genoeg naar voren gehaald: hij zou de krachten die het verloop van de natuurverschijnselen beheersen moeten kennen en de beginvoorwaarden van het op te lossen probleem, dat wil zeggen de posities van alle materiedeeltjes van de wereld op een gegeven tijdstip en, wat Laplace weliswaar niet uitdrukkelijk zegt maar natuurlijk wel degelijk bedoelt, hun snelheden volgens grootte en richting op het bewuste tijdstip. De tweede voorwaarde valt misschien minder op, maar is beslist niet minder belangrijk: 'indien hij verder groot genoeg zou zijn om deze gegevens aan een analyse te onderwerpen', dat wil zeggen indien hij ook in staat zou zijn het onmetelijke systeem van simultane differentiaalvergelijkingen van de tweede orde, dat het resultaat zou zijn van de toepassing van de bewegingswetten op de gegeven deeltjes te integreren. Dat betekent alles bij elkaar genomen: indien hij de wetenschap die om een toevallige historische reden mechanica heet, maar beter kinetica had kunnen heten, op volkomen wijze zou beheersen. Om deze reden, of liever om een vermoeden van deze reden en niet omdat het iets met een machine te maken zou hebben of de een of andere overeenkomst met een machine vertoonde, heeft men in de zeventiende eeuw het wereldbeeld van de atomistiek een mechanistisch wereldbeeld genoemd. De wereld is geen machine maar een systeem waarover men uitsluitend op grond van de wetenschap der mechanica uitspraken kan doen, de geest van Laplace nauwkeurig, wij mensen bij benadering. Laplace zinspeelt er in de slotwoorden van de zojuist geciteerde passage op hoe ver de menselijke geest (het was vooral zijn eigen geest) het in de astronomie reeds met deze benadering heeft gebracht: 'Het menselijk verstand biedt in de volmaaktheid die het in de astronomie heeft

5 Laplace, *Essai philosophique sur les probabilités* (Les maîtres de la pensée scientifique; Paris 1921) I, p. 3.
Emil du Bois-Reymond, *Über die Grenzen des Naturerkennens. Die sieben Welträtsel. Zwei Vorträge* (Leipzig 1916) p. 17 en 18.

weten te leveren een zwakke afspiegeling van een dergelijke geest.'

Of wij het nu betreuren of toejuichen, het blijft een feit waarmee wij moeten leren leven dat de fysici en filosofen van de zeventiende eeuw het woord mechanisch hebben gebruikt om het atomistische wereldbeeld aan te duiden, dat door toedoen van Pierre Gassend en onder invloed van de chemie uit het verborgen bestaan dat het in de Middeleeuwen had moeten lijden, tot nieuw leven was gewekt. Aangezien het echter een kenmerkende eigenschap van het atomistische wereldbeeld was dat alle daarin optredende gebeurtenissen in de zojuist aangeduide zin volkomen gedetermineerd waren, dat wil zeggen, om precies te zijn, dat de geest van Laplace in staat zou zijn geweest aan de hand van de volledig bekende toestand op één bepaald tijdstip zowel de toekomst van het systeem te voorspellen als zijn verleden te reconstrueren, kreeg het woord mechanisch ook de bijbetekenis deterministisch en werd het op die manier het tegendeel van finalistisch en daardoor ook van organisch. Dat is een secundaire betekenis die zich als een nader karakteristiek bij het oorspronkelijke 'met behulp van de mechanica' voegt, maar die in het spraakgebruik zo'n vaste plaats verworven heeft dat men in onze tijd vaak de indruk kan krijgen dat zij van begin af aan eigenlijk de hoofdbetekenis is geweest, en men kan dan ook dikwijls horen hoe mechanisch en deterministisch met elkaar gelijk worden gesteld.

Nu is het moment aangebroken een terminologische opmerking in te lassen. De woorden mechanisch en mechanisme, waarvan het eerste als adjectief bij wereldbeeld en causaliteit wordt gebruikt, het tweede daarentegen de zogenaamde mechanische wereldbeschouwing zelf aanduidt, lijden nog aan een andere kwaal dan de aangetoonde dubbelzinnigheid. Zij komen namelijk ook in de omgangstaal voor en wel met betekenissen die op zeer ongewenste wijze door de wetenschappelijke discussie plegen heen te lopen. Mechanisch betekent immers ook gedachteloos, gewoontegetrouw, onbewust (men reageert mechanisch, voert mechanisch bepaalde handelingen uit, enzovoorts). Mechanisme kan ook het raderwerk, of in het algemeen de inwendige constructie betekenen waardoor een instrument of een machine functioneert (men kan zich afvragen: welk mechanisme gaat daarachter schuil?). In overdrachtelijke zin heeft de laatste betekenis zich nog verder uitgebreid: mechanisme betekent in het algemeen de manier waarop iets verloopt, waarop het tot stand komt, de drijvende kracht achter het verschijnsel. Men kan darwinistische biologen horen beweren dat het mechanisme van de evolutie bestaat in de selectie van de best aangepaste door de strijd om het bestaan.[6]

De vermelde bijbetekenis van het adjectief mechanisch heeft nog een bijzonder fnuikende invloed aangezien het woord in deze betekenis uitdrukkelijk gevoelsmatig en wel in ongunstige zin geladen is. Daardoor kan namelijk af en toe een totaal irrelevant emotioneel element in de discussie door-

6 Herbert Dingle, *A century of science* 1851-1951 (London 1951) p. 170.

dringen. Verwisseling van mechanisme als wereldbeschouwing en mechanisme als raderwerk of drijvende kracht valt weliswaar niet zo snel te vrezen, maar toch vormt deze homonymie een schoonheidsfout.

Het lijkt daarom raadzaam in plaats van mechanisch in het wetenschappelijke spraakgebruik mechanistisch te zeggen en in plaats van mechanisme in wereldbeschouwelijke zin mechanicisme. De kleine inconsequentie die daardoor wordt begaan (het adjectief zou eigenlijk mechanicistisch moeten luiden) zal men ons willen vergeven.

Laten we terugkeren naar de zeventiende eeuw om de lotgevallen van de woorden mechanisme en mechanisch in deze voor het moderne denken fundamentele periode nader te volgen.[7] Ik noemde eerder de wederopleving van het klassieke atomisme als oorzaak van de opkomst van het mechanicisme in de dubbele betekenis van ‘met behulp van de mechanica te behandelen theorie van de natuurverschijnselen’ en ‘wereldbeschouwing, die op de overtuiging van het volkomen gedetermineerd zijn van alle fysische processen berust’. Daarmee hebben wij echter pas één bron van de ontwikkeling blootgelegd en wellicht niet eens de voornaamste. Nog veel sterker en voorlopig ook met veel meer succes dan Gassend heeft namelijk diens tijdgenoot Descartes ingegrepen in het lot van de mechanistische wereldbeschouwing. Misschien wekt het verbazing de beide Franse filosofen die elkaar zo dikwijls hebben bestreden hier als een soort bondgenoten opgevoerd te zien. In de geschiedenis van de natuurwetenschappen treden ze echter werkelijk als broeders op, zij het ook als vijandige broeders. Weliswaar is Descartes een uitgesproken tegenstander van iedere vorm van atomistiek. Het was echter niet het corpusculaire karakter van deze theorie dat hem afstootte, als wel de ondeelbaarheid van de gepostuleerde partikeltjes en de leegte van de ruimte waarin zij zich heetten te bewegen. Naar zijn mening bestaat het wezen van het stoffelijke immers in de uitgebreidheid. Materie en ruimte zijn dientengevolge identiek: een lege ruimte is een contradictoir, een volle ruimte een pleonastisch begrip. Aangezien de geometrische ruimte tot in het oneindige deelbaar is, is de fysische materie dat ook: daarom kan de ondeelbaarheid van atomen niet worden geaccepteerd. Deze principiële afwijzing van de grondgedachte van de atomistiek verhindert echter geenszins dat de cartesiaanse en gassendistische corpusculairtheorie in de ontwikkeling van de fysica zo innig samenwerken dat zij in hun uitwerkingen vaak nauwelijks van elkaar te onderscheiden zijn.

Hoe dat mogelijk is wordt duidelijk zodra men zich nader in de cartesiaanse theorie van de materie verdiept. Deze materie bestaat uit drie verschillende gradaties van fijnheid: in de eerste plaats is er de zeer fijn verdeelde primaire of subtiele materie, die de drager is van de voortplanting van het licht, in de

7 Het volgende wordt uitvoeriger behandeld in het werk van de auteur, *De mechanisering van het wereldbeeld* (Amsterdam 1950).

tweede plaats de al minder fijne, uit bolvormige deeltjes bestaande secundaire materie, waaruit de zon en de vaste sterren zijn gevormd en in de derde plaats de grove tertiaire, waaruit de aarde en de planeten bestaan. De tussenruimtes tussen de tertiaire deeltjes zijn opgevuld met secundaire en primaire deeltjes, die hier samen hemelse materie heten. Een ruimte die alleen hemelse materie bevat biedt tegen de beweging van een aards lichaam geen weerstand en gedraagt zich dus tegenover deze beweging als een lege ruimte. De delen waarin God oorspronkelijk de ruimte of de materie heeft opgesplitst zijn in die zin deelbaar dat wij ze in gedachten kunnen delen en dat hij het daadwerkelijk naar believen zou kunnen doen. Wij mensen kunnen dat echter niet en daarom gedragen de tertiaire deeltjes zich in hun uit hemelse materie bestaande omgeving net zoals demokritische atomen (die wij immers in gedachten, dat wil zeggen geometrisch, ook verder kunnen delen) in de lege ruimte. Het enige onderscheid tussen de corpusculairtheorieën van Gassend en Descartes is dus ten slotte in de praktijk dat Gassend aan de atomen zwaarte toeschrijft, terwijl Descartes de zwaarte mechanistisch, namelijk met behulp van wervelingen van de hemelse materie wil verklaren.

De mechanistische fysica van de zeventiende eeuw bereikte haar hoogtepunt in het werk van de Nederlandse onderzoeker Christiaan Huygens, die het door Descartes opgegeven programma op vele punten tot uitvoering bracht. In de inleiding van zijn *Traité de la lumière* zegt hij expliciet dat hij de enige methode zal toepassen volgens welke de natuurwetenschap kan worden behandeld en die daarin bestaat dat men alle natuurverschijnselen tracht te verklaren ‘par des raisons de méchanique’.[8] Dat wil zeggen: men dient geen andere verklaringsprincipes toe te passen dan die welke in de wetenschap der mechanica mathematisch worden behandeld: mathematische bepalingen als grootte, plaats, vorm, aantal, die de mechanica gebruikt omdat zij een tak van de wiskunde is, en beweging, die haar specifieke onderwerp vormt. Men dient in de natuur alleen datgene als werkelijk bestaand te erkennen dat door middel van deze begrippen kan worden beschreven en verklaard. Hierdoor worden dus niet alleen alle gedachten aan bezieldheid, spontaniteit en doelgerichtheid uitgeschakeld, maar ook de mogelijkheid van een inwendige verandering in de laatste constituerende materiedeeltjes, alsmede alle secundaire kwaliteiten van de materie, die als bewustzijnstoestanden begrepen moeten worden.

Bij de hoofdbetekenis die het woord mechanisch in het denken van de fysici van de zeventiende eeuw bezit: met behulp van de mechanica, voegt zich bij Descartes naast de eerste bijbetekenis: deterministisch, zeer duidelijk een tweede, namelijk: mechanisch = machine-achtig = na te bootsen in een stoffelijk model. Hij zegt met zoveel woorden dat hij tussen natuurlijke lichamen en door een kundig mens gevormde artefacten slechts verschil in

8 *Oeuvres Complètes de Christiaan Huygens*, publiées par la Société Hollandaise des Sciences. XIX 461 (La Haye 1937).

grootte erkent: wat zich in het eerste onzichtbaar afspeelt, geschiedt in het laatste in zulke grote afmetingen dat men het kan zien. Voor het overige bestaat er tussen een tikkende klok en een groeiende boom generlei verschil.

Daarom zijn de constructeurs van automaten het meest geschikt om fysica te beoefenen, dat wil zeggen: het mechanisme achter de natuurverschijnselen bloot te leggen. Deze gedachte heeft sindsdien de ontwikkeling van de fysica herhaalde malen sterk beïnvloed. Telkens weer waren er fysici (men kan ze in het bijzonder in de negentiende eeuw in Engeland aantreffen) die van de fysische verklaringsprincipes vooral aanschouwelijkheid verlangden. De natuurverschijnselen moeten als het ware door een handige knutselaar nagebootst kunnen worden. Dat bedoelt men wanneer men een zogenaamd mechanisch model verlangt. Het adjectief mechanisch heeft hier dus een volslagen andere betekenis, namelijk machine-achtig, dan in de woordcombinatie ‘mechanische causaliteit’, waar het het gedetermineerd zijn van de natuurprocessen uitdrukt en in ‘mechanische natuurwetenschap’, waar het het kenmerk ‘gebruik van de mechanica’ aanduidt.

Voor een volledig begrip van de lotgevallen van het mechanicisme is het onontbeerlijk dat men zich een nauwkeurige voorstelling vormt van de inhoud van de mechanica van de zeventiende eeuw en vooral het besef tot zich door laat dringen dat Newtons krachtbegrip, waarmee wij allen in de mechanica zijn opgegroeid, daarin nog niet voorkomt en dat van gravitatie a fortiori nog geen sprake is. Men spreekt veel van krachten, maar dat zijn in eerste instantie geen oorzaken die een lichaam tot beweging brengen maar effecten die een lichaam door zijn beweging op andere lichamen kan uitoefenen. Er is geen sprake van de kracht die op een lichaam werkt maar van de kracht van een bewegend lichaam. De nu nog gebruikte uitdrukking ‘levende kracht’ (*vis viva*) voor kinetische energie, die destijds de tegenstelling tot het dode gewicht (*pondus mortuum*) uitdrukte, houdt nog altijd de herinnering aan deze opvatting levend. Natuurlijk kent men de zwaarte als oorzaak van de valbeweging en de krachten die een magneet op een stuk ijzer uitoefent. Dat zijn echter niet zozeer verklarende principes maar eerder fenomenen die zelf verklaring ‘par des raisons de méchanique’ behoeven. We zagen reeds hoe Descartes probeerde de zwaarte als een gevolg van de wervelende beweging van de hemelse materie voor te stellen en Christiaan Huygens heeft deze cartesiaanse draad opgepakt en in zijn *Discours de la cause de la pesanteur* voortgesponnen.

Toen Newton in het jaar 1687 in zijn *Principia* een geheel nieuwe behandelingswijze introduceerde, waarbij hij ten eerste de mechanica opbouwde uitgaande van het begrip van een op een lichaam uitwerkende en daarna een versnelling meedelende kracht en ten tweede de theorie van de algemene gravitatie, dat wil zeggen de algemene wederzijdse aantrekkingskracht tussen materiedeeltjes invoerde, moet dat als iets ongehoord nieuws zijn beschouwd. Het is zeer verhelderend om te zien hoe de twee grootste fysici van die dagen,

Huygens en Leibniz, op deze vernieuwing gereageerd hebben. Zij hebben haar namelijk onvoorwaardelijk verworpen en wel met de motivering dat de gravitatie iets niet-mechanisch was en dat zij een terugkeer tot de zogenaamde occulte kwaliteiten van de scholastische natuurfilosofie betekende, waarmee de ontwikkeling van de fysica in de zeventiende eeuw toch definitief had afgerekend.

In het bestek van mijn voordracht is het niet nodig te schetsen hoe de theorie van Newton ondanks het verzet van zulke aanzienlijke zijde en tegen de weerstand die het cartesianisme haar in het bijzonder in Frankrijk bood, in korte tijd veld heeft gewonnen en hoe zij zich door de grote triomfen die zij vervolgens uitgerekend door het werk van Franse geleerden in de astronomie mocht vieren, in de loop van de achttiende eeuw de onbetwiste heerschappij over het natuurwetenschappelijke denken heeft verworven. Wat ons interesseert is de vraag welke uitwerking deze overwinning op het mechanistische karakter van het wereldbeeld heeft gehad. Heeft de gravitatietheorie werkelijk, zoals het Huygens en Leibniz toescheen, het einde van de mechanistische fysica betekend? Geenszins natuurlijk! De onderzoekers in de achttiende eeuw beschouwen de gravitatie weldra als het prototype van een mechanistisch verklaringsprincipe en geen van hen is ooit op de gedachte gekomen dat door haar invoering de continuïteit in de historische ontwikkeling verbroken zou zijn en dat er een nieuw tijdperk in de natuurwetenschap aangebroken was. Dat betekent echter niets anders dan dat het adjectief ‘mechanisch’ in de woordcombinatie ‘mechanische fysica’ blijkbaar slechts de formele betekenis ‘met behulp van de mechanica’ bezit en dat het over de inhoud van deze mechanica niets beweert. Door de invoering van het krachtbegrip van Newton en de gravitatietheorie was zij inhoudelijk buitengemeen sterk veranderd. Maar de fysica en daarmee ook het natuurwetenschappelijke wereldbeeld was formeel mechanisch gebleven.

Was het ook nog mechanisch in de twee bijbetekenissen van het woord: deterministisch en na te bootsen in een machine-achtig model? Het eerste ongetwijfeld maar het tweede slechts in beperkte zin. De cartesiaanse automatenbouwers konden de natuurwetenschap geen dienst meer bewijzen, want machines die op een werking op afstand berustten konden zij niet vervaardigen. Men kon weliswaar proberen voor het verschijnsel van de gravitatie een mechanische verklaring te vinden op de manier waarop Descartes en Huygens de zwaarte begrijpelijk hadden willen maken, namelijk door middel van wervels van een subtiele materie die nu ether werd genoemd. Maar toen dat niet lukte, is men de natuurwetenschap toch nog mechanisch blijven noemen en blijkbaar werd dus de mogelijkheid om het na te bootsen in een machine-achtig model niet als een wezenlijk kenmerk van het mechanische beschouwd.

De wetenschap der mechanica had door de hervorming van Newton weer een beslissende wending in mathematische richting ondergaan. Bij de be-

grippen botsing en druk, waarmee de mechanici van de zeventiende eeuw uitsluitend hadden gewerkt, kon men zich nog altijd iets aanschouwelijks en tastbaars voorstellen, aangezien wij zelf druk kunnen uitoefenen en botsingen kunnen voelen en ons daarom inbeelden dat wij begrijpen hoe ze eigenlijk werken. Maar wat moeten we ons bij het begrip gravitatie voorstellen? Twee materiële punten trekken elkaar aan met gelijke krachten, die langs hun verbindingslijn tegengesteld gericht zijn en waarvan de grootte met hun massa rechtevenredig en met het kwadraat van hun afstand omgekeerd evenredig is. Maar wat zeg ik hier eigenlijk mee? Ik ben niet in staat in te zien hoe deze punten het eigenlijk klaarspelen via een lege ruimte invloed op elkaar uit te oefenen en de begrijpelijkheid die het woord kracht bij oppervlakkige beschouwing voorspiegelt, is een illusie die wordt opgewekt door de overeenkomst in naam met krachten die door middel van contact werken, waar die begrijpelijkheid overigens eveneens een illusie is.

Wanneer ik dus werkelijk niet meer wil zeggen dan ik kan verantwoorden, dan moet ik ofwel het onduidelijke woord kracht vermijden, of het formeel definiëren. Zoals bekend is dit mogelijk, ook al zal het vermijden van dit woord de formulering veel moeizamer en logger maken. In onze opzet is het niet nodig dit alles nader uiteen te zetten. Ik volsta ermee op te merken dat de mechanica van Newton op deze manier tot een zuiver wiskundige beschrijving van de verschijnselen wordt. Dat was ook Newtons uitdrukkelijke opzet: de gravitatie heeft niet tot doel de bewegingen van de hemelse en aardse lichamen begrijpelijk te maken, maar ze wiskundig weer te geven: de gravitatie is een *causa mathematica* en de vraag of en in hoeverre er nog een fysische verklaring voor mogelijk is wordt bewust open gelaten. De mechanica ontwikkelt zich dus steeds duidelijker tot een tak van de wiskunde en de mechanisering van het wereldbeeld, die men vooral met Newtons naam in verband pleegt te brengen, ontpopt zich steeds duidelijker als een mathematisering.

Deze ontwikkeling zet zich vervolgens in de achttiende eeuw, vooral onder invloed van de grote Franse mechanici, gestaag voort. Het is de tijd van de algemene principes, de extremaalprincipes van Maupertuis en Euler, het principe van d'Alembert, de grote synthese van Lagrange. De vraag of de mechanische principes ‘de vérité nécessaire ou de vérité contingente’ waren, dus ofwel apriorische of empirische grondbeginselen van het theoretische bouwwerk waren, wordt levendig besproken en meestal in de trant van de eerste opvatting beantwoord. Uit deze tijd stamt de, vooral in Frankrijk en in Nederland en België nog altijd heersende gewoonte de mechanica in het onderwijs als een zelfstandig vak te behandelen dat tussen de wiskunde en de natuurkunde een eigenaardige en nog nooit bevredigend opgehelderde tussenpositie inneemt, maar dat over het algemeen een beduidend grotere affiniteit tot de zuivere wiskunde dan tot de experimentele natuurkunde vertoont.

De tot dusver in ons onderzoek naar de betekenis van het woord mechanisering verkregen resultaten worden door de ontwikkeling van de natuurwetenschap in de negentiende eeuw vergaand bevestigd. Dat blijkt in de eerste plaats op zeer leerrijke wijze bij de beschouwing van de mechanische warmtetheorie. Wanneer we ons beperken tot een van de twee voornaamste grondleggers van deze theorie, namelijk tot Julius Robert Mayer, dan laat zich vaststellen dat deze ten eerste zijn energetische warmtetheorie expliciet als een mechanische theorie aanduidt, en ten tweede dat hij eveneens expliciet weigert zich de moeite te getroosten een aanschouwelijke voorstelling van de energievorm warmte te leveren. Dat de aan een fysisch systeem toegevoerde hoeveelheid warmte, voor zover zij de temperatuur van het systeem verhoogt, de kinetische energie van de moleculaire beweging vergroot, vormt geen bestanddeel van zijn theorie, waarop dan ook de slagzin 'Heat a mode of motion'[9], waarmee de Engelse fysicus Tyndall haar heeft gepropageerd, in het geheel niet past. De theorie van Mayer is slechts mechanisch voor zover zij het aan de mechanica ontleende begrip energie (die bij Mayer overigens nog kracht heet) hanteert, niet omdat zij de warmte zelf als mechanische energie opvatte. Het adjectief mechanisch treedt hier duidelijk uitsluitend in zijn hoofdbetekenis (met behulp van de mechanica) op. Geheel in overeenstemming met de principiële overtuiging van Newton dat de taak van de fysica erin bestaat de verschijnselen wiskundig weer te geven, niet deze machine-achtig te verklaren, verzet ook Mayer zich tegen het construeren van aanschouwelijke modellen. Van Newtons vaak geciteerde woorden: 'Hypotheses non fingo'[10] vormt Mayers uitspraak: 'Een enkel getal heeft meer echte en blijvende waarde dan een kostbare bibliotheek vol hypothesen'[11] het passende pendant.

De spoedig na Mayer ontwikkelde kinetische gastheorie brengt vervolgens weer een verschuiving van het accent op het woord mechanisch in de richting van het aanschouwelijke en voorstelbare, het bijna in modellen na te bootsen teweeg, wat met het gebruik van botsingskrachten samenhangt. Bij verdere verfijning veroorzaakt echter juist deze kinetische theorie een nieuwe wending in de veelbewogen geschiedenis van de woorden mechanica en mechanisch. Ofschoon de fysici ervan overtuigd blijven dat de bewegingen van de afzonderlijke moleculen van een gas volkomen gedetermineerd zijn, zien zij zich door het menselijke onvermogen datgene te doen waartoe alleen de geest van Laplace in staat zou zijn, genoopt statistische methoden toe te passen. Deze nieuwe richting, die vervolgens tot de statistische mechanica leidt, distantieert zich nu resoluut van de beide bijbetekenissen van het woord mechanisch: zij ziet af van voorstelbaarheid en van nabootsing in een stoffelijk

9 John Tyndall, *Heat a mode of motion* (London 1863).

10 Isaac Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Editio ultima (Amsterdam 1714) p. 484.

11 Mayer aan Griesinger, 20 juli 1844. R. Mayer, *Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften*, bezorgd door J.J. Weyrauch (Stuttgart 1893[3]) p. 145.

model en, doordat zij zich niet meer bekommert om het lot van de afzonderlijke moleculen (die de geest van Laplace stuk voor stuk kon volgen), geeft zij in feite ook het determinisme in de strenge zin van het woord op. Alleen de hoofdbetekenis blijft onaangetast.

Een nieuwe fase in de geschiedenis van ons woord begon toen de elektriciteitsleer zich ontwikkelde tot een mathematisch-fysische discipline. Aanvankelijk leek zij zeer fraai in het kader van de fysica van Newton ingepast te kunnen worden: de wet van Coulomb was immers een exact duplicaat van die van Newton. In het jaar 1819 werd echter door Ørsted de afwijking van de magneetnaald door een elektrische stroom ontdekt: het bleek dat er op iedere pool van de naald een kracht werd uitgeoefend, loodrecht op het vlak door de draad en de pool. Tegenwoordig kan men zich nauwelijks meer voorstellen welk opzien deze ontdekking destijds in heel Europa baarde. Toen Arago op 4 september 1820 in de Franse Académie des Sciences daarover berichtte, vertelde hij dat hij geweigerd had geloof te schenken aan de ontdekking van Ørsted zolang hij het fenomeen niet met eigen ogen zou hebben aanschouwd, wat uiteindelijk in Genève bij De la Rive zou zijn gebeurd. De verbazing gold niet het feit dat een elektrische stroom een kracht op een magneetpool uitoefende, maar uitsluitend de richting van deze kracht en de daardoor bepaalde asymmetrie van het fenomeen. Niemand zou zich hebben verbaasd wanneer de stroom de polen zou hebben aangetrokken of afgestoten. Onder de indruk van de astronomische triomfen van de gravitatietheorie van Newton leefde men in de overtuiging dat alle krachtwerkingen in de natuur te herleiden waren tot aantrekkende en afstotende krachten waarvan de intensiteit uitsluitend van de onderlinge afstand van de op elkaar kracht uitoefenende punten afhing, een postulaat dat Helmholtz nog in 1847 als voorwaarde voor een volledig begrip van de natuur stelde.[12] De in het fenomeen van Ørsted waargenomen krachtwerking voegde zich echter op geen enkele wijze naar dit postulaat; zij leek voorts om redenen van symmetrie (waarom zou de naald meer naar de ene dan naar de andere kant afwijken?) ondenkbaar te zijn.

De fysici hebben echter altijd een opmerkelijk vermogen aan de dag gelegd zich aan nieuwe gegevens aan te passen. Ampère heeft weliswaar nog getracht de elektrodynamische verschijnselen volgens het zojuist geformuleerde postulaat te verklaren, maar op den duur gaf men de gedachte dat iedere krachtwerking per se zou moeten worden uitgeoefend langs de verbindingslijn tussen krachtbron en het punt waarop de kracht aangrijpt zonder enig probleem op en kwam er een mathematische elektriciteitsleer tot ontwikkeling die met geheel andere voorstellingen werkte.

Was daarmee nu, zoals men af en toe kan lezen,[13] het mechanicisme in de fysica van de baan? Dat kan men onmogelijk beweren. Begrippen als elektri-

12 H. Helmholtz, *Über die Erhaltung der Kraft* (Ostwald's Klassiker, Nr. 1,. Leipzig 1907) p. 6.
13 A. d'Abro, *The Decline of mechanism in modern physics* (New York 1939) p. 70.

sche veldsterkte, potentiaal, divergentie, rotatie, enzovoorts, zijn evenzeer mechanische, dat wil zeggen tot de mechanica behorende begrippen als versnelling of energie en in de hoofdbetekenis ‘mechanisch = mathematisch’ bleef de fysica even mechanisch als zij sinds de zeventiende eeuw was geweest. Niet de stijl van de mathematische natuurbeschrijving was veranderd, maar er waren nieuwe verschijnselen bekend geworden die een beschrijving volgens deze methode vergden en daartoe waren nieuwe mathematische begrippen vereist. Ook de beide bijbetekenissen bleven van kracht. Het determinisme bleef in ere en de aanschouwelijkheid leek zelfs groter te zijn dan in de fysica van Newton: contactwerking lijkt ons - overigens ten onrechte - altijd begrijpelijker en beter voorstelbaar dan werking op afstand.

Men zou dus zeer goed de stelling kunnen verdedigen dat ook de elektriciteitsleer tot de mechanistische natuurwetenschap behoort en dat de theorie van Maxwell in dezelfde betekenis een mechanica van de elektriciteit is als de gravitatietheorie van Newton een mechanica van de planeetbewegingen en de energetica van Mayer een mechanica van de warmte. Daarbij moet echter worden toegegeven dat deze opvatting in de natuurwetenschappelijke terminologie niet tot uitdrukking komt.

Men maakt gewoonlijk een expliciet onderscheid tussen mechanica en elektrodynamica (hoewel dynamica ook mechanica is) en meent dat de mechanica ten opzichte van de elektrische verschijnselen te kort is geschoten. Dat gaat natuurlijk alleen op wanneer men de betekenis van het woord mechanica beperkt tot de gravitatiemechanica van Newton. Hetzelfde geldt voor de thermodynamica, die vermoedelijk door haar fenomenologische karakter af en toe tot de niet-mechanische delen van de klassieke fysica wordt gerekend. Ook hier heeft men te maken met een veel te beperkte opvatting van de term ‘mechanisch’, die zelfs tot ongerijmdheden voert, aangezien ze ertoe noopt de mechanische warmtetheorie van Robert Mayer als een typisch voorbeeld van een niet-mechanische theorie te bestempelen.

Hoe is het nu gesteld met het lot van de mechanistische fysica in de twintigste eeuw? Over dit punt kan, indien men een bepaalde groep auteurs mag geloven, geen twijfel meer bestaan. Men beweert met grote stelligheid dat de moderne fysica het mechanicisme heeft overwonnen en men viert deze gebeurtenis zelfs in een eigenaardige bloemrijke taal, doordat men over de ineenstorting van de klassieke fysica spreekt, of haar bankroet uitroept of zich verheugd en gesticht voelt door het berouw waarmee de huidige fysici in alle toonaarden vergiffenis afsmeken voor de zondeval van het mechanicisme.[14] Alle woorden die tot het gedachtengoed van de mechanistische fysica behoren worden bij voorkeur alleen nog in verbinding met pejoratieve adjectieven of adverbia gebruikt; zo

14 Een samenvatting van enkele uitspraken in deze trant bij Philipp Frank, *Das Ende der mechanistischen Physik* (Einheitswissenschaft Heft 5, Wien 1935).

roept vooral het predikaat ‘mechanisch’ onherroepelijk de karakterisering ‘grof’ op.

In hoeverre is nu deze nieuwe voorstelling houdbaar en in hoeverre niet? Het antwoord kan zeer kort zijn: ook al zijn de bijbetekenissen aanschouwelijkheid en gedetermineerdheid van het begrip ‘mechanisch’ volkomen afgedankt, de hoofdbetekenis ‘mathematisch’ is onverminderd van kracht gebleven. De inhoud van de mathematische beschrijving is wederom veranderd zoals deze ook aan het eind van de zeventiende en in de loop van de negentiende eeuw, zij het ook minder sterk, veranderd was. Evenals destijds zijn nieuwe begrippen geïntroduceerd, die door oudere onderzoekers aanvankelijk even wantrouwig werden beschouwd als Huygens en Leibniz de gravitatie beschouwden en waaraan de jongeren verbluffend snel gewend zijn geraakt. De wetenschap heeft haar bedrijf zonder onderbreking voortgezet; zij heeft van het bankroet niets gemerkt, heeft zelfs niet het gevoel gehad dat een oude zondige wereld ineengestort zou zijn en dat het er nu om zou gaan op de puinhopen daarvan een nieuwe wereld op te bouwen. Integendeel, de ineengestorte wereld van de klassieke fysica blijft rustig voortbestaan; alleen heeft het gebied waarop haar methoden niet toepasbaar zijn zich aanzienlijk uitgebreid. Het principe waarop zij berustte voldoet echter op de nieuwe, niet aan haar onderworpen gebieden als vanouds: de taak van de fysica bestaat er nog altijd in aan de hand van de waargenomen verschijnselen een wiskundig systeem te construeren dat uitspraken levert die met deze verschijnselen corresponderen en waarvan de verdere consequenties empirisch controleerbaar zijn.

De wezenlijke continuïteit in de ontwikkeling van de fysica komt spontaan en duidelijk tot uitdrukking in het opmerkelijke symptoom dat uit de schijnbare ineenstorting van de mechanische fysica uitgerekend dat woord in de moderne natuurwetenschap voor de ondergang bewaard is gebleven dat altijd de sterkste emotioneel geladen afkeer van de oude manier van denken opwekt, namelijk het woord mechanica. Het mathematische skelet van de nieuwe fysica heet golfmechanica of quantummechanica. In het boek *Zum Weltbild der Physik* van de Göttingse atoomfysicus Carl Friedrich von Weizsäcker treft men meteen op de eerste bladzijde de wortel van de hogere eenheid aan waarmee de atoomtheorie alle wetenschappen van het anorganische samensmeedt, aangeduid als mechanica der atomen en verderop wordt omgekeerd atoommechanica omschreven als de kennis van hetgeen zich binnenin het atoom afspeelt.[15]

Het is duidelijk welke begripsverwarring er moet ontstaan wanneer men de met behulp van het woord mechanica geformuleerde opvattingen van de huidige fysici aan een groot publiek aanbiedt als evenzovele bewijzen voor de grondigheid waarmee de moderne fysica alles wat mechanisch is als een laatste pijnlijk meegedragen slijkrest heeft afgeveegd.

15 Carl Friedrich von Weizsäcker, *Zum Weltbild der Physik* (Stuttgart 1951^{5}) p. 11, 106.

Men kan dus in zekere en eigenlijk zeer passende zin beweren dat de nieuwe fysica even mechanistisch, dat wil zeggen even mathematisch is als de klassieke en dat er tussen die twee weliswaar een aanzienlijk verschil in inhoud bestaat, maar niet in methodiek. Enkele tientallen jaren geleden baarde een uitlating van de Engelse fysicus en astronoom sir James Jeans enig opzien: 'The great Architect of the Universe now begins to appear as a pure mathematician.'[16] ('De grote bouwmeester van het heelal blijkt steeds meer een zuiver wiskundige te zijn.') De formulering verraadt dat Jeans, vermoedelijk als gevolg van zijn afkomst uit de Engelse fysica, het mechanicisme van de klassieke natuurwetenschap altijd eenzijdig in zijn tweede bijbetekenis had opgevat: de Schepper van de wereld had bij hem blijkbaar altijd de indruk gewekt een groot ingenieur te zijn. De gedachte hem als een transcendent wiskundige te beschouwen is echter zo oud als de natuurwetenschap zelf: men kan aan Plato's woord 'Ο Θέος ἀί γεωμετρεῖ' ('God werkt altijd als wiskundige') denken, of aan de overtuiging van Kepler dat hij door de ontdekking van de wiskundige wetmatigheid van de planeetbewegingen inzicht in het goddelijke, door mathematische gezichtspunten beheerste scheppingsplan had verkregen.

Natuurlijk kunnen wij ons nog afvragen hoe het eigenlijk in de moderne fysica met de twee door ons onderscheiden bijbetekenissen van het woord 'mechanisch' gesteld is. Het determinisme heeft het moeten prijsgeven om de eenvoudige reden dat de geest van Laplace met zijn bovenmenselijke mathematische talenten niets kan beginnen wanneer het onmogelijk blijkt te zijn aan de voorwaarde voor zijn functioneren, namelijk de exacte kennis van de posities en de snelheden van alle deeltjes van het heelal op een bepaald tijdstip, te voldoen. Maar wat de aanschouwelijkheid betreft, over het verlies waarvan zoveel wordt geklaagd, moet men zich eerst rekenschap geven van de onbepaaldheid van dit predikaat en zich ook eens afvragen hoe het eigenlijk in de klassieke fysica met deze aanschouwelijkheid gesteld was. Aanschouwelijk in de zin van Goethe, die de oerverschijnselen door directe aanschouwing wilde zien, was zij beslist nooit, want het was juist dit gebrek dat Goethe haar verweet. Was zij dan aanschouwelijk in een tweede betekenis, namelijk dusdanig dat men in staat was zich het niet zichtbare, bijvoorbeeld de atomen, naar het beeld van het zichtbare voor te stellen? Dat leek wellicht bij het atoom van de zeventiende eeuw, dat men zich voorstelde als een uiterst klein bolletje dat misschien nog haakjes en oogjes had, mogelijk te zijn, maar hoe was het dan gesteld met de aantrekkingskrachten die alle materiedeeltjes op elkaar heetten uit te oefenen? Wij mogen niet vergeten dan deze krachten in de ogen van Huygens en Leibniz het toppunt van onvoorstelbaarheid vormden (wat zij overigens, voor zover men ze als fysische verklaringsprincipes en niet als mathematische beschrijvende middelen opvat, ook zijn). Wanneer de huidige fysicus dus terugverlangt naar de aanschouwelijkheid van de klassieke natuur-

16 Sir James Jeans, *The mysterious universe* (Cambridge 1932) p. 122.

wetenschap is hij vermoedelijk het slachtoffer van een illusie, aangezien hij aanschouwelijkheid met vertrouwdheid verwisselt. Ik zou in dit verband aan een opmerking van Pascal willen herinneren: ‘La coutume est une seconde nature, qui détruit la première. Mais qu'est-ce que nature? J'ai grand peur que cette nature ne soit elle-même qu'une première coutume, comme la coutume est une seconde nature.’[17] (‘De gewenning is een tweede natuur, die de eerste vernietigt. Maar wat is eigenlijk natuur? Ik ben erg bang dat deze natuur zelf niet meer is dan een eerste gewenning, zoals de gewenning een tweede natuur is.’) In ons verband betekent dat: het hangt wellicht geheel van onze intellectuele vorming af welke begrippen en voorstellingen wij als helder en begrijpelijk willen laten gelden en welke wij als ongrijpbaar en ondenkbaar van de hand plegen te wijzen. Volgens Heisenberg is het bijvoorbeeld mogelijk dat de tegenwerpingen tegen de moderne atoomfysica die nu nog door fysici van naam naar voren worden gebracht, bij toekomstige generaties, die niet zoals de onze met het geloof aan het cartesiaanse dualisme tussen geest en materie opgegroeid zullen zijn, maar met het inzicht dat wij de aanschouwelijke verschijningsvormen van de werkelijkheid door onze experimenten zelf opwekken, vanzelf achterwege zullen blijven of zelfs helemaal niet meer begrijpelijk zullen blijken.[18]

Ik zou overigens nog willen opmerken dat de bijbetekenis ‘mechanisch = voorstelbaar in een aanschouwelijk model’ weliswaar officieel is afgedankt maar dat de natuur van de fysici ook hier sterker blijkt te zijn dan de leer. De theoretische fysici kunnen ons met klem voorhouden dat wij atomaire en vooral nucleaire processen niet moeten proberen te begrijpen met behulp van onze macrocosmische voorstellingen, de experimentators, de technici en de auteurs van voor het grote publiek bestemde boeken laten zich er daardoor niet van weerhouden zeer tastbare, aanschouwelijke, ‘grof-mechanistische’ atoom- en kernmodellen op te stellen, waarin elektronen, neutronen en protonen in de gedaante van tastbare kleine bolletjes zeer bepaalde bewegingen uitvoeren.

Wij kunnen nu het eerste deel van ons onderzoek door de volgende samenvatting van de verkregen resultaten afsluiten: de zogenaamde mechanisering van de fysica bestaat in wezen uit een mathematisering. Als zodanig heeft zij zich sinds de zeventiende eeuw ononderbroken voortgezet en er bestaat geen enkele aanwijzing dat deze methode in onze eeuw zal worden opgegeven en door een principieel andere zal worden vervangen. Bij deze blijvende hoofdbetekenis van de met de term mechanica verwante woorden voegen zich twee bijbetekenissen en wel die van het gedetermineerd zijn van alle natuurprocessen en die van de mogelijkheid tot nabootsing in een

17 Pascal, *Pensées et Opuscules*, ed. L. Brunschvicg, p. 372.

18 Meegedeeld door H. Scholz in: Heinrich Scholz, Adolf Kratzer und Joseph Hofmann, *Descartes. Drei Vorträge* (Münster 1951) p. 34. Vgl. von Weizsäcker, op.cit. p. 50.

aanschouwelijk machine-achtig model. Deze beide kenmerken lijken door de fysica van de twintigste eeuw volkomen prijsgegeven te zijn nadat de tweede ook in de klassieke fysica reeds vergaand verdwenen was. Maar dat berooft de fysica niet van haar mechanistische karakter. De natuurwetenschappelijke terminologie brengt dat duidelijk tot uitdrukking in de term quantummechanica, die zowel op het materiële verschil met de klassieke fysica als op de wezenlijke continuïteit van het formele principe duidt.

II

Bij ons terminologisch onderzoek zijn wij tot dusver geheel binnen het kader van de exacte natuurwetenschap gebleven. Het leidt ons echter tot nieuwe bevindingen wanneer wij het uitbreiden tot andere gebieden, in het bijzonder tot het gebied van de biologie en de sociale wetenschappen. Men kan dan vaststellen dat er in de sociologie bepaalde richtingen zijn die men met ‘mechanisch’ aanduidt, ofschoon de sociologen het er zelf niet allemaal over eens zijn wanneer dit predikaat eigenlijk op zijn plaats is. Vaak noemt men die sociologische systemen mechanisch die bij de studie van menselijke maatschappijvormen natuurwetenschappelijke categorieën, methoden, begrippen en analogieën trachten aan te wenden, een streven dat ongetwijfeld door de naam ‘fysicalisme’ veel beter gekenmerkt zou kunnen worden. Mechanisch noemt men anderzijds ook de richting die ernaar streeft in de sociale wetenschappen mathematische methoden in te voeren. Zo wordt in een recente geschiedenis van de sociologie de Italiaanse socioloog Pareto als een vertegenwoordiger van het mechanicisme voorgesteld, omdat hij iedere gedachte aan noodzakelijkheid en absolute waarheid heeft opgegeven, de begrippen oorzaak en gevolg door variabele en functie vervangt en de verschijnselen in hun onderlinge afhankelijkheid heeft getracht te begrijpen.[19] Blijkbaar worden de woorden mechanisch en mechanicisme in de sociologie dus eveneens dubbelzinnig gebruikt, zoals ook in de natuurwetenschap, de filosofie en de cultuurgeschiedenis het geval is. Mechanicisme kan fysicalisme zijn en de overtuiging van de geldigheid van streng causale wetmatigheid tot uitdrukking brengen; het woord kan echter ook een zuiver mathematische beschrijving van de verschijnselen betekenen. Wanneer men in dit verband dan ook nog overweegt met welke ongunstige associaties het woord ‘mechanisch’ door gebruik in de omgangstaal is belast, hoeft men niet veel fantasie op te brengen om zich de dreigende spraakverwarring voor te stellen.

In de biologie zullen de verhoudingen niet veel anders liggen; ook hier wordt ‘mechanicisme’ de ene keer in de betekenis van ‘fysicalisme’ als tegen-

19 Gaston Bouthoul, *Histoire de la sociologie* (Que sais-je? Paris 1950) p. 77.

deel van vitalisme gebruikt, een andere keer wordt tegenover een mechanische beschouwingswijze een chemische geplaatst en tussen de beide bijbetekenissen ‘gedetermineerd’ en ‘analoog aan een machine’ wordt gewoonlijk geen scherp onderscheid gemaakt.

Ik beperk mij nu verder tot de sociologie om de hier heersende spraakverwarring aan de hand van een concreet voorbeeld te illustreren. Ik neem hiertoe twee verschijnselen uit de huidige tijd onder de loep, waarvan het ene zich op het gebied van het economische leven voordoet, terwijl het andere in bepaalde sociale wetenschappen optreedt. De eerste bestaat uit de uitbreiding van het gebruik van machines op terreinen die men vroeger altijd uitsluitend als het domein van de werkzaamheid van de menselijke geest had beschouwd. Hoe ver de mogelijkheden van deze toepassing reiken is plotseling tot ons doorgedrongen toen ons na het einde van de oorlog uit de Verenigde Staten de verbluffende berichten over de werking van de elektronische rekenmachines bereikten die aldaar tijdens de oorlogsjaren waren uitgevonden. Men hoorde over mechanische breinen die in de loop van luttele seconden, respectievelijk uren in staat waren rekenproblemen op te lossen waarvan de overwinning door menselijke kracht uren, respectievelijk jaren zou hebben gevergd, en die over klaarblijkelijk specifiek menselijke vermogens als geheugen en zelfcontrole beschikten.

Natuurlijk was dit allemaal niet zo volmaakt en principieel nieuw als het meteen na de oorlog en onder indruk van de eerste Amerikaanse berichten dikwijls werd voorgesteld. Wij weten welk opzien Pascal in de zeventiende eeuw baarde door de uitvinding van zijn rekenmachine, waardoor hij zoals Chateaubriand[20] het zo treffend uitdrukt, ‘réduisit en machine une science, qui existe tout entière dans l'entendement’ (‘een wetenschap die zuiver begripsmatig is terugbracht tot een machine’). Wij weten ook dat deze machines in de loop van de negentiende eeuw een hoge graad van volmaaktheid bereikten en dat ook de harmonische analysators en de boekhoudmachines de mens reeds een aanzienlijke hoeveelheid werk konden besparen. Maar dit werd door de uitvinding van de elektronische rekenmachines volkomen in de schaduw gesteld en de situatie die door de uitvinding wordt geschapen is werkelijk geheel nieuw. Reeds voorspellen bevoegde waarnemers dat hierdoor een geheel nieuw tijdperk in de geschiedenis van de mensheid ingeluid zal worden. Men spreekt over een tweede industriële revolutie die door de combinatie van een volledig geautomatiseerde produktiewijze met synthetische fysisch-chemische fabricageprocessen de ingrijpendste en verst strekkende verandering in de structuur van de menselijke samenleving teweeg zal brengen die zich ooit heeft voorgedaan.[21]

Het tweede verschijnsel waarop ik zinspeelde wordt gevormd door de

20 Chateaubriand, *Génie du christianisme* III 6.

21 Fred L. Polak, *De wentelgang der wetenschap en de maatschappij van morgen* (Leiden 1950) p. 18.

toenemende toepassing van mathematische methoden in de sociale wetenschappen, methoden waarvan de voorstanders voorspellen dat zij binnen afzienbare tijd onontbeerlijk zullen zijn. Het behoort niet tot mijn thema op dit mathematiseringsproces, dat bijvoorbeeld in de economie reeds belangrijke vorderingen heeft gemaakt, nader in te gaan. Wat ons interesseert is de terminologie waarin zowel over dit proces als over de bovengenoemde toenemende inschakeling van machines in het bedrijfsleven wordt gesproken. Men kan namelijk constateren dat voor beide, van nature fundamenteel verschillende trends dezelfde naam wordt gebruikt en wel: mechanisering. Het zal zonder meer duidelijk zijn dat dit spraakgebruik tot wonderlijke verwarringen moet leiden. Dat is niet alleen zo maar een vermoeden maar een feit dat zich precies laat documenteren. Ik [citeer] voor dit doel een zin uit de opzienbarende oratie waarmee de toonaangevende Nederlandse socioloog Polak in 1949 de leerstoel voor sociologie aan de Rotterdamse Economische Hogeschool aanvaard heeft. Daar stelt hij zich tot doel uiteen te zetten, 'of, en zo ja in hoeverre, de mechanisering van de maatschappij terugwerkt op een mechanisering van de maatschappijwetenschap en vice versa'.[22]

Hier ziet u nu de fatale invloed die het onzalige woord 'mechanisering' uitoefent in alle duidelijkheid voor ogen. Mechanisering van de maatschappij betekent intensief gebruik van machines, en zou derhalve beter machinisering kunnen heten. Mechanisering van de wetenschap betekent niet dat deze voortaan door machines beoefend zal worden, maar dat daarin steeds meer mathematische methoden toegepast zullen worden, mathematisering dus. Indien men echter in plaats van mechanisering de twee termen die dit woord nader verklaren gebruikt, dan luidt de gestelde vraag of, en zo ja in hoeverre, de machinisering van de maatschappij terug zal werken op een mathematisering van de maatschappijwetenschap en vice versa. Het is echter duidelijk dat het in geen mens zal opkomen deze vraag te stellen en het probleem in alle ernst te bediscussiëren. Men kan zich weliswaar bij alles wat er in de wereld is afvragen of het wellicht op een willekeurig ander ding invloed zou kunnen uitoefenen, maar dat zal men redelijkerwijs toch alleen dan doen indien een samenhang tussen die twee dingen op zijn minst vermoed kan worden. Het dubbele gebruik van het woord 'mechanisering' biedt in het onderhavige geval een schijnbare opening tot deze mogelijkheid. Zodra echter de homonymie een terminologische verwisseling van twee fundamenteel verschillende begrippen blijkt te zijn, valt deze suggestie vanzelf weg.

Hoe kon deze homonymie tot stand komen, hoe kon het gebeuren dat de invoering van een mathematische beschrijvings- en bewerkingswijze verwisseld werd met de vergaande toepassing van machines, dat het streven naar

22 Polak, *De wentelgang*, 8. Dat ik hier kritiek uitoefen op een zin van Polak doet niet in het minst afbreuk aan de bewondering die ik koester voor zijn oratie en voor zijn overige publikaties (vooral: *Om het behoud van het bestaan* (Leiden 1951)).

uiterste helderheid in spreken en denken, het inschakelen dus van de hoogste geestelijke kwaliteiten van de mens, gelijk gesteld kon worden aan de uitschakeling van zijn werkzame aandeel door machines? Het is onwaarschijnlijk dat zulke voorvallen terug te voeren zouden zijn op onzorgvuldig taalgebruik. Ze berusten veeleer op overschatting van een zekere, tussen de beide te omschrijven begrippen inderdaad bestaande analogie.

En inderdaad laat zich in het geval dat ons nu bezighoudt een dergelijke analogie vaststellen. De geschiedenis van de wiskunde leert ons namelijk dat in deze discipline een steeds verder om zich heen grijpend proces plaatsvindt, dat men dikwijls met de naam mechanisering aanduidt, maar dat beter door algoritmisering omschreven zou kunnen worden. Wat men daaronder verstaat wordt reeds duidelijk wanneer we aan onze gebruikelijke rekenmethoden denken, of aan de elementaire algebra. Wanneer we een van de vier hoofdbewerkingen der rekenkunde uitvoeren, zijn we ons helemaal niet meer bewust van de eigenlijke betekenis en motivering van de afzonderlijke uitgevoerde stappen. Wanneer we een rekenkundig of meetkundig probleem algebraïsch hebben geformuleerd, rekenen we met de ingevoerde letters eveneens machineachtig, dat wil zeggen zonder ons om hun betekenis te bekommeren. Men kan zelfs stellen dat de berekening des te beter zal lukken naarmate wij meer als een machine werken. Op een hoger niveau treffen we iets dergelijks aan in de analytische, dat wil zeggen algebraïsche meetkunde in vergelijking met de meetkundige methoden van de Oudheid en zeer duidelijk in de differentiaal- en integraalrekening in vergelijking met de antieke methoden ter bepaling van tangenten, extreme waarden, booglengtes, oppervlaktes, inhouden en zwaartepunten. Dit mechaniseringsproces heeft voor de ontwikkeling van de wiskunde een buitengewoon grote betekenis gehad. Zonder dit proces hadden de wiskunde en daardoor de fysica in de verste verten niet kunnen bereiken wat zij in onze tijd presteren. Nu is het zo dat de buitenstaander bij deze algoritmisering van de wiskunde vaak de indruk krijgt dat het geestelijke element is uitgeschakeld en er sprake is van volkomen gedachteloosheid. Dat berust natuurlijk geheel en al op een misverstand. Iedere algoritmisering bestaat er eenvoudig uit dat men in de verschillende te doorlopen gedachtenreeksen de zich telkens herhalende elementen duidelijk onderscheidt van de telkens wisselende en nu de eerstgenoemde in een bepaalde, zo praktisch mogelijk gerangschikte rekenwijze of algoritme samenvat. Dat levert een buitengewone arbeidsbesparing op en men kan zich van de omvang en de betekenis daarvan het eenvoudigst overtuigen wanneer men eerst een tweede- of derdemachtsverheffing uitsluitend met gebruikmaking van antieke methoden tracht op te lossen en vervolgens het resultaat met behulp van de integraalrekening afleidt.

In deze arbeidsbesparing ligt ongetwijfeld een zekere mate van analogie met het gebruik van een machine en de indruk van deze analogie wordt natuurlijk versterkt wanneer het lukt een algoritme in plaats van door een mens door een

machine te laten uitvoeren. Maar ook de meest effectieve rekenmachine kan niet werken wanneer niet een denkend mens eerst het probleem heeft gesteld en het in de vorm heeft gebracht waarin de machine het kan opnemen en verwerken. Deze laatste taak, die in het elektronische jargon met programmering wordt aangeduid, vormt zelfs de belangrijkste fase in het gehele proces. Zij vergt een hoge mate van intelligentie en van de wijze waarop zij is uitgevoerd is de tijd waarin de machine vervolgens het probleem oplost in belangrijke mate afhankelijk.[23] Het geestelijke element wordt dus niet uitgeschakeld zoals zo vaak wordt gevreesd, maar geconcentreerd in de opzet niet meer geestelijke energie te verbruiken dan strikt noodzakelijk is.

Nu komen zulke overwegingen doorgaans niet aan de orde. Het is veeleer zo dat het algoritmische element van de wiskunde met het machinale element van de techniek over een kam wordt geschoren en daardoor krijgt de wiskunde, hoe paradoxaal het ook moge klinken, de naam gedachte- en zielloos te zijn en wekt vervolgens natuurlijk de hevige emotionele afweerreactie op die het gedachte- en zielloze bij geestelijk intensief levende mensen als vanouds oproept. Men ervaart daardoor bijvoorbeeld de toepassing van mathematisch-statistische methoden op literatuurwetenschappelijke of linguïstische vraagstukken of in sociologisch onderzoek nog dikwijls als een soort ontheiliging van het geestelijke, en aangezien het woord ‘mechanisch’ zoals ik reeds eerder opmerkte nu eenmaal een ongunstige klank heeft, is de verleiding groot dit gevoel door herhaald en nadrukkelijk gebruik van dit kwade adjectief tot uitdrukking te brengen.

De zojuist aan het licht gebrachte samenvatting van machinisering en mathematisering onder de gemeenschappelijke naam mechanisering kan dus in de grond van de zaak een opmerkelijk symptoom van een diepliggend gebrek aan begrip en erkenning zijn waaraan de wiskunde nog altijd blootstaat. In plaats van beschouwd en geëerd te worden als een van de schoonste verworvenheden van de menselijke geest, vindt zij in kringen die ver van haar afstaan hooguit door de dienst die zij de natuurwetenschap en de techniek bewijst, erkenning als nuttig helpster. Maar nog altijd kan men ofwel beleefde verbazing ofwel smalende afwijzing oogsten wanneer men de nadruk legt op haar culturele, haar humane waarde. De stiefmoederlijke behandeling van de geschiedenis van de wetenschap als onderdeel van de algemene cultuurgeschiedenis wreekt zich hier op niet mis te verstane wijze. Maar nader ingaan op dit punt zou het begin van een nieuwe lezing betekenen en daarom komen mijn overwegingen hier tot een natuurlijke afsluiting.

Ik hoop dat u mij nu toestaat het resultaat van dit terminologische onderzoek in de vorm van enkele praktische terminologische voorstellen samen te vatten.

1 Men vermijde zoveel mogelijk de woorden mechanisch, mechanistisch,

23 F.E. Simon, *The neglect of science* (Oxford 1951) p. 118.

mechanisme, mechanica, mechanisering. Ze zijn door veelvuldig onkritisch gebruik beroofd van iedere heldere betekenis en derhalve ontkracht. Zonder nadere uitleg gebruikt, kunnen ze alleen maar tot misverstanden aanleiding geven.

2 Men duide de toepassing van mathematische methoden in andere wetenschappen (fysica, biologie, sociale wetenschappen) aan met hun ware naam, mathematisering.

3 Men vermijde de gelijkstelling van mechanisch of mechanistisch aan deterministisch en gebruike ofwel het laatste woord zelf of anangkisch.

4 Men gebruike, wanneer men de intensieve toepassing van machines bedoelt, het woord machinisering.

5 Wanneer men de analogie tussen natuurlijke processen en de werking van een machine wil benadrukken gebruike men het woord machinisme.

6 De toepassing van algemeen natuurwetenschappelijke denkwijzen in andere wetenschappen noeme men fysicalisme.

7 De invoering van rekenwijzen die zuiver formeel gehandhaafd kunnen worden duide men met algoritmisering aan.

De aldus bereikte correctie van het spraakgebruik moet de helderheid van het denken ten goede kunnen komen en de misverstanden die tussen mensen van verschillend gerichte opleiding zo snel optreden kunnen helpen voorkomen.

Eindnoten:

1 Juryrapport P.C. Hooftprijs 1952. Ministerie van WVC, Rijswijk.

2 *De mechanisering van het wereldbeeld* (Amsterdam, 1950) 550.

3 Zie ook de bespreking die Dijksterhuis wijdde aan Polaks rede *De wentelgang der wetenschap en de maatschappij van morgen*, zijn VPRO-lezingen *De bedreiging der menselijkheid in de crisis der moderne cultuur* en zijn boek *Om het behoud van ons bestaan*, in: *De Gids* 114 (1951) I, 472-476.

4 Zie ook: K. van Berkel, ‘Nawoord bij de zesde druk’, in: Dijksterhuis, *De mechanisering van het wereldbeeld* (Amsterdam, 1989[6]) 553-557.

* ‘barycentrische methode’: methode die gebruik maakt van zwaartepuntsbepalingen (van barycentrum = zwaartepunt).

* ‘eerste en tweede Dag’: de discussies in Galilei's *Dialogo* en *Discorsi* speelden zich af op vier achtereenvolgende dagen; elke dag vormde zo een afzonderlijk deel van zijn boeken.

Twee grote voorbeelden

Galilei en zijn strijd voor de leer van Copernicus

Dijksterhuis debuteerde in 1920 als wetenschapshistoricus met een uitvoerig artikel over Galilei en zijn strijd voor het copernicanisme. Al in de openingszin omschrijft hij het veld waarop hij later zijn grootste bekendheid zou verwerven, want het in 1950 verschenen boek over de mechanisering van het wereldbeeld gaat over niets anders dan ‘de eeuwenlange strijd waarin het peripatetische systeem wordt verdrongen door de moderne mechanische causaliteitsleer’. Weliswaar heeft Dijksterhuis zich ook nog met vele andere onderdelen van de wetenschapsgeschiedenis beziggehouden, maar het zal toch zelden voorkomen dat al in de eerste zin van een debuut het thema van het latere magnum opus wordt vermeld. Het geeft aan dat het werk van Dijksterhuis een grote mate van consistentie kent.

Dat hij uit de geschiedenis van de wording van de klassieke natuurwetenschap juist de bijdrage van Galilei koos als onderwerp voor zijn eerste artikel berust niet op toeval; zijn hele leven lang heeft Dijksterhuis een bijzondere belangstelling voor de Italiaanse natuuronderzoeker gehad. Het schijnt zelfs zo te zijn geweest dat de kennismaking met het werk van Galilei Dijksterhuis definitief op het pad van de wetenschapsgeschiedenis heeft gebracht en nog in Groningen heeft hij Italiaans geleerd om Galilei in de oorspronkelijke taal te kunnen lezen.[1] Die speciale belangstelling is hem altijd bijgebleven en uit zijn nagelaten papieren blijkt dat hij over Galilei meer aantekeningen heeft verzameld dan over andere grote natuuronderzoekers als Descartes en Newton. Illustratief is ook dat zijn weduwe bij de verkoop van zijn bibliotheek bewust de Edizione Nazionale van Galilei's werken buiten de verkoop hield omdat ze wist hoeveel die monumentale reeks voor haar man betekend had.[2]

Dijksterhuis had verscheidene redenen om zich speciaal voor Galilei te interesseren. Om te beginnen was Galilei voor hem, veel meer dan Descartes, ‘de centrale figuur van de overgang van antiek-middeleeuws tot klassiek-natuurwetenschappelijk denken..., enerzijds wortelend in een verleden dat hem er niet minder sterk om bindt, dat hij het zo heftig verloochent, anderzijds een toekomst voorbereidend waarin zijn denkbeelden tot gevolgtrekkingen zouden leiden die veel verder strekten dan hij ooit heeft kunnen zien’.[3] Bij Galilei is van nabij de invoering van de natuurbeschrijving met behulp van de wiskundige begrippen van de mechanica te volgen en zijn werk kan dan ook beschouwd worden als de mechanisering van het wereldbeeld in een notedop.

Daarnaast werd Dijksterhuis in hoge mate geboeid door Galilei's pogingen om de nieuwe natuurwetenschap ook aan een breed lekenpubliek duidelijk te maken. Anders dan Copernicus of Kepler, die (in het Latijn) voor een kleine kring van ingewijden schreven, richtte Galilei zich (in het Italiaans) tot het algemene ontwikkeld publiek, dat misschien geen speciale wetenschappelijke scholing had genoten maar wel kennis wenste te nemen van het nieuwe denken. Daarom koos hij

voor de vorm van een dialoog die zich over enkele dagen uitstrekte, waarbij de handelende personen, zijn alter ego Salviati, de intelligente toehoorder Sagredo en de in het oude denken verstrikte Simplicio, naar het leven getekend lijken. Door de vorm van een dialoog te kiezen kon Galilei - althans dat hoopte hij - niet alleen onder het verbod op het verdedigen van de leer van Copernicus uitkomen, maar ook geïnteresseerde ‘leken’ op ongedwongen wijze kennis laten maken met de nieuwste inzichten. Terecht werden Galilei's werken in Italië tot de klassieken van de Italiaanse letterkunde gerekend, terwijl in Nederland een natuurwetenschappelijk werk bijna per definitie geen literaire waarde kon hebben.[4]

De grote bewondering voor de wetenschappelijke prestatie van Galilei en voor het streven om de natuurwetenschap deel te laten uitmaken van de hogere geestelijke vorming sloot een kritische houding tegenover Galilei niet uit. Dijksterhuis behoorde niet tot de onvoorwaardelijke bewonderaars van de Italiaanse onderzoeker die alle kritische kanttekeningen meteen opvatten als een aantasting van Galilei's grootheid of - erger - als een schending van de nationale Italiaanse eer. Omdat Galilei zo'n centrale plaats had ingenomen in de ontwikkeling van de moderne wetenschap waren er flink wat legendes en mythes over hem in omloop, zoals het verhaal over de toren van Pisa en het ‘E pur se muove... (En toch beweegt zij),’ dat Galilei na afloop van het beroemde proces zou hebben gemompeld. Maar Dijksterhuis heeft er steeds een bijzondere eer in gesteld om korte metten te maken met dergelijke mythevorming, die immers vaak de aandacht afleidde van de wáre verdiensten van de natuuronderzoeker.

Ook aarzelde Dijksterhuis niet Galilei zelf op de vingers te tikken; als deze met een al te gezochte bijbeluitleg komt om zijn theorieën kracht bij te zetten noemt hij die exegese ronduit ‘fantastisch’. Zelfs ging hij zover om een auteur van een boek over Galilei het verwijt te maken dat deze zich te weinig rekenschap had gegeven van de onmogelijkheid van de katholieke Kerk om een ander standpunt in te nemen dan de kerk inzake Galilei feitelijk heeft ingenomen.[5] Dit alles deed in Dijksterhuis' ogen geen afbreuk aan de grootheid van Galilei, omdat alleen als men zich ingeleefd heeft in de standpunten van zijn tegenstanders de ware betekenis van de vernieuwing die Galilei bracht duidelijk kan worden.

Veelzeggend is in dit verband de opmerking die de debuterende wetenschapshistoricus aan het slot van zijn artikel maakt over het gebrek aan karakter dat Galilei tijdens het tegen hem aangespannen proces vertoond zou hebben. Anders dan sommige van zijn voorgangers en tijdgenoten probeert Dijksterhuis zich er niet onder uit te draaien dat Galilei de copernicaanse leer heeft afgezworen, maar hij veroordeelt hem er ook niet om. Hij constateert slechts dat Galilei te zwak was voor de strijd waartoe zijn genie hem voerde. De heroïsche interpretatie van de wetenschapsgeschiedenis, zo populair in de negentiende eeuw, had op Dijksterhuis geen vat meer. Hij wilde een modern wetenschapshistoricus zijn.[6]

Galilei en zijn strijd voor de leer van Copernicus[1*]

I

De geschiedenis der natuurwetenschappen heeft weinig onderwerpen aan te wijzen die zozeer onze voortdurende belangstelling verdienen als de eeuwenlange strijd waarin het peripatetische systeem wordt verdrongen door de moderne mechanische causaliteitsleer. Voor een veel besproken episode uit die strijd moge hier opnieuw de aandacht gevraagd worden: voor de zware worsteling van het stelsel van Copernicus om tot algemene waardering te geraken en wel in het bijzonder voor het aandeel dat Galileo Galilei gehad heeft in de overwinning van het denkbeeld dat nu een der fundamenten vormt van onze wereldbeschouwing.

Het hoeft, zoals beneden nader zal blijken, geenszins onze verwondering op te wekken dat de leer van de dubbele aardbeweging eerst na zulk een felle tegenstand is aanvaard. Toch zou de zuiver wetenschappelijke oppositie tegen de nieuwe theorie waarschijnlijk nooit zo grote bekendheid tot ver buiten de kring van de beoefenaren der natuurwetenschappen hebben verkregen; daarvoor was het dramatische conflict nodig tussen de rooms-katholieke Kerk en de hartstochtelijke geniale verdediger van het heliocentrische systeem, Galilei, waarover nog steeds, na drie eeuwen, boeken en verhandelingen elkaar opvolgen en dat tot in de fantasie van het volk de legende van het 'E pur se muove' levendig houdt.

We zullen echter niet terwille van de aangrijpende tragedie die er ligt in de vervolging en veroordeling van Galilei door het Heilig Officie[*] de weten-

1 Bij de samenstelling van dit artikel is een dankbaar gebruik gemaakt van de zeer uitgebreide literatuur die de Galilei-kwestie in het leven heeft geroepen. Hieronder volgen de titels van enige der meest belangrijke werken en verhandelingen die dit onderwerp betreffen:
E. Wohlwill, *Galilei und sein Kampf für die copernikanische Lehre*. Bd. 1. (Hamburg, 1909).
P. Duhem, *Le système du Monde, Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. (Paris, 1913).
E. Strauss, *Dialog von Galileo Galilei, übersetzt und erlaütert* (Leipzig, 1891).
H. Grisar, S.J., *Galileistudien*. (Regensburg, 1882).
E. Vacandard, *La condamnation de Galilée*. (Paris, 1906).
P. de Vregille, *Galilée*. (Dictionnaire Apologétique de la Foi Catholique).
A. Favaro, *Galileo e l'Inquisizione. Documenti del Processo Galileiano*. (Firenze, 1907).
De werken van Galilei zelf zijn toegankelijk in de monumentale Edizione Nazionale sotto gli Auspicii di Sua Maesta Il Re d'Italia. Direttore Antonio Favaro, voltooid in 1907.

schappelijke strijd voorbijgaan die hij te voeren had tegen de heersende systemen op filosofisch en astronomisch gebied, tegen de autoriteit van Aristoteles en Ptolemaeus, te meer omdat we voor een naar onpartijdigheid strevende beschouwing van het maar al te vaak door partijhartstocht scheef voorgestelde proces, ons zo goed mogelijk moeten trachten in te denken in het standpunt van de gemiddelde geleerde van die dagen tegenover de nieuwe inzichten van de enkele genieën die de moderne natuurwetenschap hebben opgebouwd op de fundamenten die eeuwenlange evolutie van menselijk denken had gelegd.

In 1543, enige dagen voor de dood van de schrijver, was in Neurenberg het grote werk van Copernicus *De revolutionibus orbium coelestium* verschenen, waarin tot verklaring van de verschijnselen aan de hemel werd aangenomen dat de aarde zich in 24 uur om haar as en in een jaar om de zon bewoog. Eerst na lange aarzeling en zwichtend voor de aandrang van zijn vrienden had de grote astronoom er toe kunnen besluiten de vrucht van een leven van studie aan de bespotting die hij verwachtte, over te geven. In de opdracht van het werk aan paus Paulus III, een stuk dat ons Copernicus in al zijn bezonken wijsheid en in de kalme vastheid van zijn overtuiging duidelijker voor ogen stelt dan de beste beschrijving zou doen, spreekt hij het uit dat hij niets liever zou hebben gewild dan het voorbeeld van de pythagoreërs te volgen, die de mysteriën der filosofie niet schriftelijk maar mondeling plachten over te leveren en dan nog slechts aan enkele ingewijden. Copernicus heeft weinig kunnen vermoeden dat de spot en hoon die hij vreesde, nog jarenlang door een merkwaardige oorzaak zouden blijven zwijgen en dat eerst zeventig jaar later zijn grote volgeling Galilei er met volle kracht door zou worden getroffen. Buiten zijn weten had namelijk de lutherse theoloog Osiander, die met het toezicht op de druk van het werk belast was, voor de opdracht aan de paus een korte voorrede: ‘Aan de lezer over de hypothesen van dit werk’, laten opnemen die de schijn moest wekken en ook werkelijk gewekt heeft, van Copernicus zelf afkomstig te zijn. Osiander had gemeend te moeten verhoeden dat de nieuwe leer te grote ergernis zou verwekken en hij achtte zich gerechtigd dit te doen door in die voorrede het geloof van de schrijver aan de dubbele aardbeweging te verloochenen en het voor te stellen alsof deze slechts werd ingevoerd als een mathematische fictie, bestemd om de berekeningen der astronomie te vereenvoudigen zonder enige aanspraak op overeenstemming met de werkelijkheid. Dat de strekking van de voorrede in flagrante strijd was met de onwrikbare overtuiging van de waarheid die uit iedere bladzijde van het werk zelf spreekt, heeft niet belet dat vrij algemeen de opvatting van Osiander voor die van Copernicus zelf gehouden werd. Als hulpmiddel voor berekeningen hebben zelfs zijn volgelingen de nieuwe theorie hoofdzakelijk gebruikt en vóór Galilei zijn er slechts weinigen geweest die haar hebben opgevat zoals haar schepper dat bedoeld had. Een van die weinigen was de filosoof Giordano Bruno, die de leer van Copernicus als uitgangspunt nam voor zijn fantastische theorie over de bouw van het heelal, waarin zeer juiste inzichten in de

stellair-astronomie bont gemengd zijn met de meest willekeurige verzinsels en waardoor hij zozeer in strijd kwam met de leer der rooms-katholieke Kerk, dat men hem in 1600 te Rome verbrand heeft. Veel invloed op de verbreiding van het systeem van Copernicus heeft hij niet gehad.

Wanneer dus Galilei in 1592 zijn professoraat in Pisa verruilt voor de leerstoel in wiskunde aan de universiteit van Padua, is de toestand zo dat de leer van Copernicus wel algemeen bekend is, maar meer als een soort curiosum voor de berekeningen der astronomie, terwijl de gedachte dat iemand de waarheid van de beweging der aarde zou willen verdedigen, bovenmate belachelijk lijkt. Reeds vóór Copernicus placht ieder leerboek der astronomie een hoofdstuk te wijden aan de onmogelijkheid der aardbeweging, waarin steeds weer de argumenten werden herhaald waarmee Aristoteles zich richt tegen de pythagoreërs Philolaus en Ekphantos en tegen Heraclides van Pontus, die de dagelijkse aardbeweging hadden geleerd, en die, waarmee Ptolemaeus bovendien de theorie van Aristarchus van Samos weerlegt, de man die men met het meeste recht de Copernicus der Oudheid kan noemen, omdat hij de dubbele aardbeweging en de voor de handhaving daarvan nodige uitbreiding van het heelal aanneemt.* Sinds er nu weer onder de tijdgenoten aanhangers van deze zonderlinge opvatting voorkwamen, hadden die beschouwingen nieuwe waarde gekregen en nog steeds bleken ze in staat de erkenning van de waarheid tegen te houden. We moeten er ons nu in de eerste plaats rekenschap van geven waarom de nieuwe theorie zozeer in strijd was met de geest van de hele filosofie van Aristoteles en welke stellingen in het bijzonder gebruikt werden om de onbeweeglijkheid van de aarde te bewijzen.

We gaan daartoe uit van de onderscheiding die Aristoteles maakt tussen zware en lichte lichamen; de zware, aarde- en waterachtige bewegen zich van nature naar beneden, dat is naar het middelpunt van het heelal; de lichte, luchten vuurachtige naar boven, dat is naar de sfeer van het vuur. Daar nu de delen zich gedragen als het geheel, bewegen de delen der aarde zich daarheen waarheen de hele aarde zich beweegt of waar ze in rust is. Hieruit volgt dan met een kostelijke petitio principii dat de aarde zich bevindt in het middelpunt van het heelal, zodat ze onmogelijk een baan om de zon kan beschrijven.

Aan de vier genoemde elementen komt van nature de rechtlijnige beweging toe en wel horen bij iedere bewegingszin telkens twee elementen. Naast de rechtlijnige beweging is er echter nog een enkelvoudige beweging, de cirkelvormige, en dus moet er ook een element zijn waaraan van nature de beweging in een cirkel eigen is. Deze quinta essentia, de ether, zal nu de stof zijn waaruit deze hemellichamen zijn samengesteld. Daar deze zich namelijk eeuwigdurend bewegen, moet hun beweging natuurlijk zijn, maar kan ze tevens niet rechtlijnig zijn; immers (dit is een grondstelling van de gehele leer) het heelal heeft een eindige uitgebreidheid en er is dus geen plaats voor een eeuwigdurende rechtlijnige beweging. Evenver als nu de cirkelvormige beweging met haar eeuwige mogelijkheid van identieke herhaling boven de noodzakelijk

eindige rechtlijnige beweging verheven is, even hoog staat de quinta essentia boven de vier ondermaanse elementen. Onvatbaar voor ontstaan en vergaan, kan ze uit deze niet worden en er niet in overgaan. Zo komen we tot de principiële tegenstelling van hemel en aarde die kenmerkend is voor het hele peripatetische stelsel en die een der grootste hinderpalen voor de nieuwe astronomie geworden is.

Daar de ether onvatbaar is voor verandering, volgt noodzakelijk dat de beweging van alle hemellichamen eenparig cirkelvormig is. Zo verschaft de leer van Aristoteles het wetenschappelijk fundament aan het dogma dat alle astronomen voor hem als een axioma hadden aanvaard, waaraan achttien eeuwen later noch Copernicus noch Galilei hebben getwijfeld, namelijk dat er ter verklaring van de verschijnselen aan de hemel geen andere dan eenparige cirkelbewegingen mochten worden aangenomen. Geslacht na geslacht zou zich nog moeten aftobben met excentriciteit en epicykels*, vóór het genie van Kepler de astronomie van deze dwang zou bevrijden.

De omvang van dit artikel laat ons niet toe meer dan deze, zeer oppervlakkige, beschouwingen over het stelsel van Aristoteles te houden, maar uit dit weinige blijkt al wel welke eisen de leer van Copernicus met haar consequenties aan het denkvermogen der tijdgenoten stelde, dat door eeuwenlange assimilatie volkomen onder de machtige invloed van de Stagiriet stond.* Het was wel niet voor het eerst dat er aan de autoriteit van Aristoteles werd getornd; de nieuwere onderzoekingen over de geschiedenis der natuurwetenschappen* hebben doen zien hoe de grondslagen van de moderne natuurwetenschap reeds in de Middeleeuwen gelegd zijn, hoe er eigenlijk geen intellectuele revoluties geweest zijn, maar slechts langzame en lang voorbereide evoluties waarvan de resultaten later aan enkele namen werden verbonden, aldus de verkeerde indruk van een renaissance der wetenschap vestigend. Maar de officiële wetenschap ten tijde van Galilei was nog steeds die van Aristoteles en daarom moeten we in de eerste plaats op de bezwaren letten die uit naam daarvan tegen de nieuwe leer werden te berde gebracht. En dan blijkt wel dat er verzet moest komen. De aarde een planeet, dat wilde zeggen: de tegenstelling van aarde en hemel vernietigd. Ondanks haar beweging om de zon geen merkbare plaatsverandering der vaste sterren, dat betekende: de grenzen van het heelal, door Ptolemaeus nog zo vol vertrouwen op een afstand van 20.000 aardstralen aangenomen, uitgebreid tot ver buiten alle voorstelling, misschien zelfs - maar hiervoor schrikt ook Copernicus terug - opgeheven. Zo moest de ene fundamentele stelling van de peripatetische leer worden opgegeven om een bewering te redden die met een andere, niet minder fundamentele, in strijd was!

Tegen de dagelijkse aardbeweging bestonden al niet minder bezwaren. Wel spreekt Ptolemaeus het in de *Almagest* al duidelijk uit dat, voorzover men slechts let op de verschijnselen aan de hemel, heel goed een oostwaarts gerichte rotatie van de aarde de naar het westen gaande dagelijkse beweging van de

hemel zou kunnen vervangen, maar de *Physica* van Aristoteles doet hem genoeg argumenten aan de hand om het denkbeeld eenvoudig lachwekkend te vinden als hij op zijn aardse omgeving let. Deze argumenten berusten bijna alle op onbekendheid met de traagheidswet. Als de aarde van het westen naar het oosten draaide, zegt Ptolemaeus, en nog Tycho Brahe zegt het hem na, zou een steen die van een toren valt, ver westelijk van de voet van de toren moeten neerkomen, omdat de aarde tijdens het vallen naar het oosten is doorgedraaid. Een kanonskogel, afgeschoten naar het westen, zou een veel grotere afstand moeten afleggen dan wanneer hij met dezelfde snelheid naar het oosten werd gericht, omdat in het eerste geval de aarde de kogel tegemoet komt, terwijl ze zich in het tweede geval dezelfde richting uit beweegt. Moest voor een tijd waarin dergelijke redeneringen de officiële wetenschap uitmaakten, de leer van een bewegende aarde niet volkomen onzinnig lijken?

Uit dit gehele, noodzakelijk zeer onvolledige, overzicht blijkt één ding duidelijk: dat de strijd voor Copernicus op wetenschappelijk gebied in de eerste plaats een strijd moest zijn tegen de gehele klassieke natuurwetenschappen. Maar met afbreken was hier, zoals steeds, niets gedaan. Er moest een nieuwe fysica worden gegrondvest, die voor het systeem van Copernicus hetzelfde betekende als de fysica van Aristoteles voor de leer van Ptolemaeus. Een volkomen vernieuwing van het denken over de natuur was nodig, wilde men werkelijk begrijpen wat met alle oppervlakkige waarneming in strijd was en voor alles was het nodig, dat de bewegingsleer der Ouden, die onuitputtelijke bron van tegenbewijzen tegen Copernicus, vervangen werd door de nieuwe mechanica, waarin zou worden aangetoond hoe de bewegingsverschijnselen op aarde met haar eigen beweging verenigbaar waren en die de astronomie zelve zou vervormen van de zuivere kinematica die ze bij de Grieken geweest was tot de dynamica die door Kepler is voorzien en door Newton voltooid.

In de hier aangeduide richting ligt vooral wat Galilei als geleerde voor de uitwerking, de verbreiding en de eindelijke triomf van het stelsel van Copernicus heeft gedaan en het zijn vooral de jaren van zijn professoraat te Padua waarin zijn meest vruchtbare werkzaamheid op dit gebied valt. Hoe belangrijk echter deze werkzaamheid ook geweest is voor de geschiedenis van het heliocentrische systeem, omdat ze Galilei tot de grootste voorloper van Newton op het gebied der mechanica gemaakt heeft, evenals Kepler dit was op dat der astronomie, toch zou het ons voeren buiten de grenzen van het in dit opstel te behandelen onderwerp wanneer we hierbij langer wilden stilstaan. Op de strijd die Galilei bij zijn leven te voeren heeft gehad hebben namelijk de in Padua bereikte resultaten, die tot het beste horen dat hij ooit heeft voortgebracht, geen invloed gehad omdat hij ze eerst heeft gepubliceerd in zijn *Discorsi*, die pas in 1638, enkele jaren voor zijn dood, verschenen zijn. We moeten er dus van afzien nader het boeiende schouwspel gade te slaan dat zijn moeizame ontworsteling aan de ideeën van Aristoteles, wiens invloed ook hij,

de grootste tegenstander van de Stagiriet, tot aan het eind van zijn leven heeft ondergaan, aanbiedt, om onze aandacht te wijden aan zijn krachtig persoonlijk optreden voor de leer van Copernicus, dat daaraan weldra meer zijn naam dan die van Copernicus zelf zou verbinden.

Het is niet meer na te gaan wanneer Galilei de copernicaanse of, zoals men in die dagen zei, de pythagoreïsche leer heeft aanvaard, maar zeker is het dat hij in 1597 een overtuigd aanhanger was. Een brief uit dat jaar aan Kepler als antwoord op de toezending van diens *Prodromus*, waarin hij zich onomwonden voor Copernicus had uitgesproken, toont ons dat Galilei voor zich zelf reeds een aanhanger van de nieuwe leer was, maar tevens dat hij er voor terugdeinsde deze mening openlijk te uiten. 'Ik heb,' schrijft hij aan Kepler, 'vele bewijsgronden opgeschreven en weerleggingen van tegenargumenten, maar ik heb ze tot dusver niet in het licht durven geven, daar ik afgeschrikt ben door het lot van onze meester Copernicus. Want deze heeft zich wel bij enkelen onsterfelijke roem verworven, maar bij ontelbaren - zo groot is namelijk het aantal der dwazen - geldt hij voor een man die men moet bespotten en uitlachen. Ik zou stellig mijn overwegingen durven uiten als er meer mensen bestonden zoals gij, maar daar ze er niet zijn, zal ik ervan afzien.' Onmiddellijk antwoordt Kepler hem in een brief, vol van dat vurig enthousiasme dat zijn hele leven en werken vervuld heeft, en bezweert hem zich toch te uiten, opdat door vereniging van autoriteiten op wetenschappelijk gebied de tegenstand der onwetenden zou kunnen worden overwonnen. Maar hoewel in Duitsland nog Rothmann, de mathematicus van de landgraaf van Hessen, in de briefwisseling met Tycho Brahe en in Engeland Gilbert in zijn boek *Over de magneet* zich openlijk voor Copernicus uitspreken, blijft Galilei zwijgen. Van verschillende kanten heeft men hem over deze houding verwijten gemaakt. In ons land is er bijvoorbeeld met bitterheid over geoordeeld door prof. Bosscha*, wiens uitlatingen over Galilei in het algemeen getuigen van een neiging zijn verdiensten te kleineren, die met onpartijdigheid nauwelijks te rijmen schijnt te zijn. Men krijgt echter de indruk dat Galilei in 1597 beter beseft heeft dan zijn critici in onze tijd wat het betekende om als eerste in de Italiaanse omgeving, die daarvoor nog niet in het minst rijp was, als verdediger van Copernicus op te treden. Uit Keplers antwoord blijkt duidelijk hoe hij heel goed tussen de regels van de brief van Galilei gelezen had dat het niet alleen de vrees voor spot en hoon was die hem deed zwijgen. Galilei voorzag toen al wel dat verdediging van Copernicus niet slechts betekende Aristoteles en Ptolemaeus op een fout te betrappen, maar dat het een aanslag was op de grondvesten van dat indrukwekkende systeem waarin de scholastiek de heidense wetenschap en de christelijke geloofsleer had weten te verenigen. En is het een wonder dat de vuurdood van Bruno in 1600, wie onder andere als ketterij de aanname van de veelheid van werelden werd ten laste gelegd die hij als een directe conclusie uit de leer van Copernicus beschouwde, zijn lust niet vergroot heeft om zonder enig objectief beslissend argument zijn

intieme overtuiging onder zulke omstandigheden te uiten?

In overeenstemming hiermee heeft Galilei zich dan ook in zijn colleges in Padua strikt gehouden aan de algemeen aanvaarde opvattingen. Als mathematicus moest hij in de colleges 'De Sphaera' een kort overzicht van de astronomie behandelen en, zoals dat in die tijd gewoonte was, vervulde ook hij deze taak door het geven van commentaar op de *Sphaera* van Sacrobosco, een mathematicus uit de dertiende eeuw die in dit werk het belangrijkste van de oude astronomie had samengevat. Deze commentaar van Galilei, die de leer van Aristoteles en Ptolemaeus uiteenzet met die meesterlijke helderheid die zich in geen van zijn geschriften verloochent, beperkt zich eenvoudig tot een verklaring van de heersende stelsels en slechts de moderne lezer voelt in enkele wendingen de grote ironie waarmee deze Mephisto zijn Schüler onderricht.

Ook tijdens de felle discussies die de in 1602 verschenen *Progymnasmata* van Tycho Brahe in het leven riepen, volhardde Galilei in deze houding. Dit werk bevatte de bespreking van de waarnemingen van de nieuwe ster die in 1572 in Cassiopeia was verschenen en waarvan Tycho overtuigend aantoonde dat ze tot de sfeer van de vaste sterren moest worden gerekend. Deze rechtstreekse aanval op de leer van de onveranderlijkheid van de hemel, een van Tycho's vele bijdragen tot de overwinning van het door hem steeds bestreden stelsel van Copernicus, bracht onder de peripatetici een grote opschudding teweeg, die nog verergerd werd toen in 1604 een nova in de Slangendrager verscheen, die zich ook buiten de maansfeer bleek te bevinden en die haar plaats onder de vaste sterren niet veranderde. Het is merkwaardig om de hulpeloosheid te zien waarin deze onaanvechtbare ervaringsfeiten de school-geleerden brachten. Voor alles moest de autoriteit van Aristoteles gehandhaafd worden. De ster was er wel altijd, zegt een der peripatetici, maar ze is nu pas zichtbaar geworden, omdat er een dichter deel van de kristallen hemelsfeer voorbij is gegaan dat haar nu als een convexe lens door vergroting zichtbaar maakt. Een ander schrijft dat zichtbaar worden juist aan een gat in die hemelsfeer toe. Een derde houdt de ster voor nieuw door God geschapen, wat men toch geen verandering in de gewone zin van het woord kan noemen, waartegen weer een vierde opmerkt dat God natuurlijk wel een nieuwe ster kan scheppen, maar dat Hij dat toch zeker niet gedaan heeft omdat Hij nooit meer iets anders schept dan menselijke zielen. Aan de andere kant trachtten de copernicanen het verschijnsel te gebruiken om er argumenten voor hun leer uit te putten; ze hoopten dat ze de helderheidsverandering in verband zouden kunnen brengen met de beweging van de aarde om de zon. Bij dit alles zweeg Galilei; in drie colleges, waarbij de gehele universiteit toestroomde, gaf hij een uiteenzetting van de redenen waarom de astronomen de ster tot de sfeer der vaste sterren rekenden, maar hij deed dit zonder ook maar enigszins de nadruk te leggen op het conflict van het verschijnsel met de leer van Aristoteles. Het verhaal dat hij bij deze gelegenheid openlijk met de peripatetici zou hebben gebroken, hoort al evenzeer in het rijk der legendes thuis als dat van de

valproeven van de scheve toren van Pisa en andere van de meest bekende anekdotes die de fantasie van het nageslacht over hem in omloop heeft gebracht.

Zo had dan Galilei in stille en vruchtbare werkzaamheid zijn 45ste levensjaar bereikt, toen er een bericht tot hem doordrong dat aan zijn gehele levensloop een nieuwe en onverwachte wending zou geven. In het begin van het jaar 1609 werd het in Italië bekend dat er in Holland een instrument was uitgevonden waardoor men ver verwijderde voorwerpen zo duidelijk als van nabij kon zien. In augustus van hetzelfde jaar bood Galilei zulk een verrekijker aan de Senaat van Venetië aan, die hem daarvoor beloonde met een levenslange aanstelling aan de universiteit van Padua en een verhoging van salaris tot 1000 gulden. Aldus de nuchtere feiten uit de veelbesproken kwestie van het aandeel dat Galilei in de uitvinding en ontwikkeling van de verrekijker gehad heeft. We zullen op een nadere discussie van deze zaak niet ingaan omdat voor ons doel de uitvinding van de kijker niet zo belangrijk is als het gebruik dat Galilei ervan maakte. In de eerste maanden van het jaar 1610 ontdekte hij achtereenvolgens de meest belangrijke feiten over de structuur van het maanoppervlak, kon hij aantonen dat de Melkweg uit een dichte opeenhoping van sterren bestond en vond hij de vier manen van Jupiter, welke ontdekkingen in maart wereldkundig werden gemaakt in de *Nuncius sidereus*, een boek dat de naam van zijn schrijver met één slag in heel Europa beroemd maakte. Voor Galilei waren deze ontdekkingen echter meer dan eenvoudig nieuwe feiten aan de sterrenhemel; in de eerste plaats zag hij er argumenten in voor het denkbeeld dat hem toen reeds, meer dan iemand kon vermoeden, vervulde, het systeem van Copernicus. Zijn waarnemingen onthulden hem de overeenstemming in bouw tussen maan en aarde, een weerlegging dus van de oude bewering dat de hemellichamen, ook in de structuur van hun oppervlak, principieel verschillend waren van de onvolkomen aarde. In Jupiter en zijn manen zag hij een copernicaans zonnestelsel in het klein, waarin zonneklaar voor ogen stond dat het centrum van alle planetenbeweging niet steeds de aarde kon zijn. Tevens kon hij hierdoor een veel gebruikt argument tegen Copernicus weerleggen dat daarin bestond dat men de dubbele rotatie van de maan iets ongelooflijks achtte, te meer omdat van zulk een beweging geen tweede voorbeeld bekend was. Zo zeer had men dus de epicykeltheorie als een mathematische fictie opgevat dat men, hoewel daarin wel veel gecompliceerdere bewegingen voorkwamen, aan de realiteit van een beweging zoals de maan om de zon uitvoert, niet wilde geloven! Nu verschaften echter de manen van Jupiter, mocht deze nu om de zon of om de aarde wentelen, een voorbeeld van zulk een dubbele rotatie. Aan de ontdekkingen die in de *Nuncius sidereus* vermeld waren voegde Galilei in december een nieuwe toe van grote draagwijdte, namelijk de fasenwisseling van Venus, opnieuw een argument voor de centrale plaats van de zon in het planetenstelsel en een bewijs voor de duisternis van de planeet, dus een nieuwe analogie met de aarde.

Aan het eind van het jaar 1610 was door dit alles zijn overtuiging van de waarheid van het stelsel van Copernicus zozeer bevestigd dat hij niet langer zijn mening kon verborgen houden. Hij had het plan ontworpen voor een groot werk *De systemate mundi*, waarin hij al zijn astronomische beschouwingen wilde neerleggen en om hiervoor de nodige rust te vinden had hij de positie van mathematicus van de groothertog van Toscane aanvaard en de universiteit van Padua verlaten. Als eerste taak wachtte hem nu echter overal de overtuiging te vestigen van de waarheid van zijn ontdekkingen. Want de peripatetici waren niet voornemens deze zo hoogst onwelkome nieuwigheden zonder meer te aanvaarden. Men vertelt van een hoogleraar die zich beijverde om vanaf zijn katheder de nieuwe planeten door syllogismen te verjagen; anderen weigerden zelfs een blik in de kijker te slaan, omdat het zeer onwaarschijnlijk was dat die verschijnselen werkelijk bestonden, daar Aristoteles er nergens melding van maakte. En zelfs een autoriteit in de mathematische wetenschappen als pater Clavius,* de verdediger van de kalenderhervorming, achtte het niet beneden zijn waardigheid om zich met het grapje dat het er maar op aankwam een glas te fabriceren waarin de sterren zaten om ze werkelijk te zien, van de nieuwe ontdekkingen af te maken.

In de hoop bevoegde verdedigers te vinden, begaf zich Galilei in maart 1611 naar Rome. Deze reis is het hoogtepunt van zijn leven geweest. Galilei was er de man niet naar om, zoals Copernicus, van zijn weten in trotse eenzaamheid te genieten; hij kon niet anderen zien dwalen waar hij zelf meende de waarheid te bezitten, en naast deze zucht om anderen te overtuigen van de juistheid van zijn eigen inzichten, maakte een niet te bevredigen begeerte naar roem en bewondering hem het zwijgen volkomen onmogelijk. Het was daarom een grote voldoening voor hem dat hij in Rome door alle geleerden en hoge geestelijken met de grootste eerbewijzen werd ontvangen en dat hij allen kon overtuigen van de waarheid van zijn ontdekkingen. Paus Paulus V behandelde hem met grote onderscheiding, de jezuïeten van het Collegium Romanum bevestigden zijn waarnemingen en de kardinaal Maffeo Barberini, die later als paus Urbanus VIII zijn veroordeling zou gelasten, vierde zijn verdiensten in Latijnse verzen.

Hoewel Galilei in Rome nog niet uitdrukkelijk zijn opinie over de bouw van het zonnestelsel schijnt te hebben geuit, stond toch bij iedereen vast dat hij een overtuigd copernicaan was en zijn, in aantal steeds toenemende, principiële en persoonlijke vijanden zagen met schrik en nijd zijn groeiende roem. Op wetenschappelijk terrein niet tegen hem opgewassen, trachtten zij de strijd op het gebied van het geloof over te brengen en reeds vóór zijn eerste openlijke verdediging van de leer van Copernicus in zijn werk over de zonnevlekken,* duikt op verschillende plaatsen de beschuldiging op dat deze leer in strijd was met de Heilige Schrift. Nieuw was dit argument niet: reeds Copernicus heeft voorzien dat men hem op deze wijze zou bestrijden. ‘Indien er misschien,’ zegt hij in zijn opdracht aan de paus, ‘leeghoofden zijn die, hoewel volkomen

onbekend met alle wiskunde, zich daar toch een oordeel over aanmatigen, en die het aandurven om met een voor hun doel verdraaide bijbeltekst mijn werk af te keuren en te vervolgen, zal ik me toch niet om hen bekommeren, maar zelfs hun oordeel als onbezonnen verachten.' Helaas zijn het niet slechts leeghoofden geweest die zo gehandeld hebben; van Luther is het bekende woord over Copernicus afkomstig: 'Der Narr will die ganze Kunst Astronomiä umkehren. Aber, wie die Heilige Schrift anzeiget, so hiess Josua die Sonne stillstehen und nicht das Erdreich.' Dit oordeel was geen unicum; ten opzichte van Copernicus zijn alle theologen, zonder onderscheid van richting, vrijwel eenstemmig geweest. Er moge hier nog een voorbeeld volgen omdat het afkomstig is van een bekend landgenoot, Ubbo Emmius, de eerste rector magnificus van de Groningse universiteit. Deze schrijft in 1609 naar aanleiding van copernicaanse beschouwingen die Simon Stevin in zijn *Hypomnemata mathematica* ontwikkeld had, onder andere de volgende krachtige woorden: 'Ik verneem dat er een groot werk is uitgekomen, waarvan het titelblad de naam van onze prins Maurits vermeldt: 's Prinsen *Hypomnemata mathematica*, bezorgd door Simon Stevin, wiskunstenaar, een vriend van de Prins... Stevin heeft er zijn eigen meer dan onzinnige en ongerijmde meningen ingelast: dat de aarde draait, zij licht geeft uit zichzelf, zij een achtste planeet vormt, onafscheidelijk verbonden met de maan, er op de maan nieuwe-aarden en volle-aarden worden waargenomen, evenals nieuwe-manen en volle-manen op de aarde, en meer van die praatjes. Ook dat de maan bewoond is, en dergelijke. Genadige God, wat durft het ongeloof al niet! Wat schromelijkers kan het onderstaan tot omkering van al onze wetenschap en onze godsdienst! Want het is om het slopen van de grondslagen te doen. Indien deze dingen waar zijn, en naar ik hoor verdedigt de schrijver ze met hand en tand, dan is Mozes een leugenaar, dan liegt de gehele Heilige Schrift. Het smart mij dat de naam en de studiën van de Prins door dit pek besmet, deuren en vensters voor de laster opengezet, en gelegenheden aangeboden worden om de gehele openbare zaak in kwaad gerucht te brengen. Wilde Stevin zijn dolhuisdromen volstrekt venten, hij had ze in een afzonderlijk werk van hemzelf bij elkaar moeten stellen. Dat zou het middel geweest zijn zaakkundigen een vrolijk ogenblik te bezorgen.'[2]

Zo hadden dus reeds voor Galilei de theologen met zorg en verontwaardiging de buitensporige nieuwe ideeën ontvangen. De reden hiervan is niet ver te zoeken. 'Denn,' zoals Schopenhauer zegt, 'wie soll ein Gott im Himmel sein, wenn kein Himmel da ist?' En wanneer er al theologen geweest zijn die zelf in staat waren de duizelingwekkende verandering van standpunt van Copernicus mee te maken, dan zullen ze toch wel met bezorgdheid overwogen hebben welk een indruk het op de grote massa der gelovigen moest maken wanneer plotseling uit naam der wetenschap de tegenstelling tussen de

2 Aangehaald bij Busken Huet, *Het land van Rembrand*, II, 2, p. 12. [ed. 1987, p. 561].

aarde, waar de mensen rondlopen, en de hemel, waar God zit die ze regeert, werd weggenomen. En wat al gevaarlijke vragen konden twijfel en ongeloof daarna stellen! Waren die andere planeten ook bewoond? Zo ja, waren dan de mensen die daar woonden ook mee verdoemd in Adams val en verlost door de kruisdood van Christus? Moest ten slotte de verdenking niet opkomen, om met Nectaire uit *La révolte des anges*[*] te spreken, 'que le vieux démiurge d'Israel, loin d'avoir creé l'univers, n'en soupçonnait pas même la structure'[*]?

Hadden dus, zoals vanzelf spreekt, de theologen zich al langer met de kwestie die zoveel meer dan zuiver wetenschappelijk belang had, beziggehouden, hun optreden tegen Galilei bracht voor het eerst een rechtstreekse strijd mee. Want deze was onvoorzichtig genoeg het terrein van de zuiver wetenschappelijke discussie te verlaten en zich te gaan bemoeien met het verband van de Heilige Schrift en de leer van Copernicus. Nu was echter de inmenging van leken in de exegese van de Heilige Schrift iets wat de kerkelijke overheid in die dagen waarin de Reformatie ook in Italië steeds meer veld won, al heel ongaarne zag. Aan de andere kant moest het Galilei wel tot antwoord prikkelen wanneer hij astronomisch onontwikkelde theologen bezig zag een klove te graven tussen geloof en wetenschap, terwijl hij zelf de overtuiging bezat dat hij het bedreigde verband van wat de goddelijke openbaring leerde en wat het menselijke verstand openbaarde, kon redden en het was evenzeer liefde voor zijn wetenschap als voor zijn godsdienst die hem er toe dreef dat antwoord te geven.

Hij deed het in een brief aan zijn vriend pater Castelli, een geschrift dat voor het juiste inzicht in de persoonlijkheid van Galilei van het hoogste belang is. Wel zijn de ideeën, daarin neergelegd, later breder ontwikkeld in de beroemde brief aan de groothertogin van Toscane, maar de frisheid van de vlot neergeschreven ontboezeming in het schrijven aan Castelli verenigt zich daar met het volkomen meesterschap over de taal, dat Galilei een plaats onder de klassieken van de Italiaanse letterkunde heeft verschaft, tot een geheel van zo grote bekoring dat men moeilijk een meer sprekende uiting van hem zou kunnen aanwijzen.

'De Heilige Schrift,' aldus Galilei, 'kan nooit liegen of dwalen; de waarheid van haar woorden is absoluut en onaantastbaar. Maar zij die de Heilige Schrift uiteenzetten en verklaren, kunnen wel dwalen en de zwaarste dwaling begaan ze wanneer ze zich altijd willen houden aan de letterlijke betekenis van de woorden: zodoende zouden er namelijk niet alleen verschillende tegenstrijdigheden maar zelfs ernstige ketterijen en godslasteringen ontstaan, omdat men genoodzaakt zou zijn aan God voeten, handen en ogen toe te schrijven, bovendien menselijke hartstochten als toorn, berouw en haat, zelfs het vergeten van gebeurde dingen en onbekendheid met de toekomst. Uit zulke uitdrukkingen blijkt dat de Heilige Schrift vaak beweringen bevat die letterlijk genomen onjuist zijn, maar die zo gekozen zijn met het oog op het geringe bevattingsvermogen der menigte. Daarom moet aan de Heilige Schrift

in natuurwetenschappelijke kwesties de laatste plaats worden toegekend, want de Heilige Schrift en de natuur komen beide voort uit het goddelijk woord; de eerste is geïnspireerd door de Heilige Geest en de tweede is de getrouwe uitvoering van Gods wetten. Maar terwijl de Heilige Schrift, zich aan het verstand van het gros der mensen aanpassend, dikwijls dingen zegt die, letterlijk genomen, van de waarheid afwijken, houdt daarentegen de natuur zich strikt aan haar wetten, onverbiddelijk en onveranderlijk en zich er niets om bekommerend of haar verborgen oorzaken en werkingen al of niet duidelijk zijn voor het verstand. Men kan daarom niet met een beroep op plaatsen uit de bijbel een resultaat weerleggen dat verkregen is door ernstige waarneming of voldoende bewijsvoering. Ik zou menen dat de autoriteit van de Heilige Schrift de mensen alleen wil overtuigen van die stellingen die, noodzakelijk voor ons zieleheil en alle menselijk verstand te boven gaande, ons niet anders geloofwaardig konden worden gemaakt dan door de mond van de Heilige Geest. Maar ik meen niet dat het noodzakelijk is te geloven dat dezelfde God die ons begiftigd heeft met zintuigen, spraak en verstand, ons langs een andere weg de kennis heeft willen geven die we daarmee kunnen verkrijgen.'

Aldus in hoofdtrekken de exegetische theorie van Galilei, die in hoofdzaak overeenkomt met wat de rooms-katholieke Kerk tegenwoordig over dit onderwerp leert. In de zeventiende eeuw was zulk een taal echter meer geschikt de theologen te prikkelen dan ze te overtuigen. Bovendien liet Galilei het niet bij een principiële afwijzing van het gebruiken van de bijbel in natuurwetenschappelijke kwesties. Hij verdiept zich in dezelfde brief in een uitvoerige bespreking van het Jozua-wonder en levert het bewijs dat in het stelsel van Ptolemaeus dat zijn tegenstanders aanhingen, het stilstaan van de zon-alleen een verkorting in plaats van een verlenging van de dag zou hebben teweeggebracht, wat toch bezwaarlijk de bedoeling van Jozua kon zijn. Immers, daar de zon met het primum mobile* zijn dagelijkse beweging van oost naar west volbracht, maar tegelijk een eigen jaarlijkse beweging van west naar oost had, moest het stilhouden van de zon terwijl het primum mobile doordraaide, haar sneller naar het westen voeren en dus de dag verkorten. En dus, zegt Galilei, een van tweeën: of het stelsel van Ptolemaeus is onjuist, of de Heilige Schrift zegt alleen daarom dat de zon stilstond en niet het primum mobile omdat ze zich wilde aanpassen aan het dagelijkse spraakgebruik. Maar in dat geval spreekt de Schrift zich dus helemaal niet over de astronomische kwestie uit en mag ze dus zeker niet als steun voor het stelsel van Ptolemaeus worden aangehaald.

Maar ook hierbij laat Galilei het niet. Hij is overtuigd dat de Heilige Schrift, hoewel zich richtend naar het algemene spraakgebruik, toch voor de ingewijde de juiste orde der natuur aanduidt en hij onderneemt nu zijn fantastische interpretatie van het Jozua-wonder in copernicaanse zin. Daartoe breidt hij de gedachte van Kepler dat alle planetenbewegingen om de zon veroorzaakt

zouden worden door de aswenteling van de zon, uit tot de veronderstelling dat nok de aswenteling van de aarde daarvan een rechtstreeks gevolg is. Nu liet God de zon stilstaan, dat wil zeggen haar aswenteling hield op; daardoor stokte ook de aswenteling van de aarde en de dag werd verlengd. En wat de moeilijkheid betrof die de theologen altijd bezig had gehouden, de verklaring namelijk van het stilstaan van de zon in het midden van de hemel (immers waarom moest Jozua al om verlenging van de dag smeken terwijl het nog middag was?), ook dit was nu heel eenvoudig. Men had slechts te lezen: de zon, in het midden van de hemel, dat wil zeggen die in het midden van de hemel staat, stond stil. Dergelijke exegetische kunststukken heeft Galilei meer verricht, onder andere naar aanleiding van de achttiende psalm, waarvan de volgende woorden tegen Copernicus werden aangehaald: 'De zon, een bruidegom gelijk die uit zijn slaapvertrek treedt, verheugt zich als een held bij het doorlopen van de baan. Zij gaat uit van het ene eind des hemels en loopt die tot aan het andere eind rond.'[3] Galilei toont aan dat hierin eigenlijk ook een bevestiging van de leer van Copernicus vervat is en hij vindt er bovendien een zonnetheorie in terug die hij kort tevoren had opgesteld.

De gevolgen van de bemoeiingen met de exegese van de Heilige Schrift lieten niet lang op zich wachten. Zijn verhouding tot de jezuïeten, in 1611 nog zo bij uitstek vriendschappelijk, was met één slag bekoeld. De mathematici van het Collegium Romanum, die de astronoom Galilei bewonderd hadden, voelden zich in de eerste plaats theoloog en konden als zodanig zijn nieuwe optreden niet gedogen. Bovendien had Galilei zich nu openlijk tegen Aristoteles verklaard, terwijl een decreet van hun algemene congregatie van 1593 hen verplichtte de leer van de Stagiriet, die door de heilige Thomas* tot een fundament van alle theologie was geworden, te verdedigen. Direct aanvallend echter traden de dominicanen op. Toen in 1614 de dominicaner pater Caccini te Florence in een reeks van voorlezingen uit de bijbel gekomen was tot de woorden: 'Sol, non movearis', waarmee Jozua om verlenging van de dag smeekte, knoopte hij daaraan een hevige aanval vast op de leer van Copernicus en op de persoon van Galilei. De overlevering wil dat hij zijn preek zou hebben begonnen met de woorden: 'Viri Galilaei, quid statis, aspicientes in coelum?'* De opschudding, door dit voorwal teweeg gebracht was zo geweldig dat het welhaast onvermijdelijk was dat de kerkelijke overheid zich met de zaak bemoeide. De rechtstreekse aanleiding daartoe was de denunciatie van Galilei bij het Heilig Officie door pater Lorini, die daarbij als bewijsmateriaal een kopie van de brief aan Castelli inzond. Vanaf februari 1615 hield de Inquisitie zich in het geheim met Galilei bezig; we zullen op de finesses van dit onderzoek, dat bijna een jaar geduurd heeft, niet ingaan, maar alleen het resultaat vermelden.

In december 1615 was Galilei naar Rome gereisd om het dreigend gevaar,

3 Naar de Vulgata.

dat hij eerst langzamerhand was gaan inzien, nog te voorkomen. Weer werd hij door de hoge prelaten en aan het pauselijk hof met onderscheiding ontvangen, maar met hoe koortsachtige ijver en schitterende welsprekendheid hij ook trachtte zijn theorie ingang te doen vinden, hij kwam dat doel toch geenszins nader. Nog trachtte hij zijn positie te versterken door aan de kardinaal Orsini een uitwerking te doen toekomen van zijn theorie van eb en vloed, verklaard uit de dubbele beweging der aarde, maar intussen was het oordeel der Inquisitie reeds geveld. De 24ste februari hielden de theologen van het Heilig Officie de zogenaamde congregatio qualificationis tot de beoordeling van de twee volgende stellingen, die in hun zonderlinge formulering een samenvatting van het stelsel van Copernicus wilden zijn:

1 De zon is het middelpunt van de wereld en bezit in het geheel geen plaatselijke beweging.
2 De aarde is niet het middelpunt van de wereld en niet onbeweeglijk, maar ze beweegt zich als geheel en ook nog in dagelijkse beweging.

Het oordeel over deze stellingen luidde aldus:

1 De uitgesproken bewering is filosofisch dwaas en absurd en formeel ketters in zoverre als ze uitdrukkelijk in tegenspraak is met vele plaatsen uit de Heilige Schrift, zowel woordelijk als naar de gemeenschappelijke uitlegging van de Heilige Vaders en de doctoren der theologie.
2 Filosofisch geldt voor deze stelling hetzelfde als voor de eerste, en wat de theologische waarheid betreft, is ze op zijn minst een dwaling in het geloof.

De dag nadat deze beslissing gevallen was, besloot het Heilig Officie dat kardinaal Bellarminus Galilei tot zich zou roepen en hem zou vermanen de veroordeelde mening op te geven; mocht hij echter weigeren, dan zou de pater commissarius, in tegenwoordigheid van notaris en getuigen, hem het bevel mededelen dat hij er zich geheel van te onthouden had zulk een leer en mening te verdedigen of voor waar te houden. Wanneer hij zich ook daarbij niet neerlegde, moest hij worden gevangengezet.

Hoe dit onderhoud met Bellarminus, dat de volgende dag plaats had, is afgelopen, vormt een nog steeds onbesliste kwestie. Het schijnt dat Galilei zich niet onmiddellijk naar de vermaning van de kardinaal geschikt heeft en dat dus de pater commissarius hem het bevel heeft moeten geven zich van verdere verdediging van de leer van Copernicus te onthouden. Echter luidt dit bevel heel anders in het verslag dat de notaris van deze samenkomst heeft gemaakt, dan zoals het de vorige dag door het Heilig Officie was ontworpen en weer andere termen worden gebruikt in een verklaring die Bellarminus een paar maanden later aan Galilei op diens verzoek verstrekt heeft om de lasterlijke bewering die zijn vijanden over hem uitstrooiden, namelijk dat hij zijn leer had moeten afzweren en boete doen, te weerleggen. Deze afwijkingen, die wel geen tegenstrijdigheden zijn maar die toch een zeer ongewenste duisternis overlaten op het belangrijke punt in hoeverre het nu eigenlijk aan Galilei verboden was zich met de leer van Copernicus bezig te houden, hebben

aanleiding gegeven tot de vermaarde hypothese van Wohlwill en Von Gebler dat het proces-verbaal van het onderhoud met Bellarminus vervalst zou zijn en pas bij het proces in 1633 tussen de stukken van 1616 zou zijn ingeschoven. Deze wel erg grove hypothese* is echter vrijwel onhoudbaar gebleken. Alleen Wohlwill schijnt haar nog aan te hangen; een noot in het verschenen eerste deel van zijn grote werk over Galilei wijst daar althans op. Daar het tweede deel echter nog steeds op zich laat wachten, is het nog onbekend op welke gronden hij zijn vroegere onderstelling nog zal kunnen verdedigen tegen de vele sterke argumenten die van katholieke zijde daartegen zijn aangevoerd.

We zullen ons een nadere bespreking van wat de kerkelijke overheid waarschijnlijk met haar verbod bedoeld heeft, tot het tweede deel van dit opstel voorbehouden en nu eerst alleen de inhoud mededelen van de verklaring van Bellarminus, omdat Galilei zich bij zijn proces daarop voortdurend heeft beroepen. De verklaring luidt in hoofdzaak aldus: dat aan Galilei de beslissing van de paus is medegedeeld, welke inhoudt dat de aan Copernicus toegeschreven leer, volgens welke de aarde zich beweegt om de zon en de zon stilstaat in het centrum van de wereld zonder zich van het oosten naar het westen te bewegen, in strijd is met de Heilige Schrift en dat men dus deze leer niet kan verdedigen of aanhangen.

Bij de zeer gematigde formulering van deze verklaring speelt ook ongetwijfeld de grote welwillendheid weer een rol die de Inquisitie bij het gehele onderzoek tegenover Galilei heeft betoond. De goede verstandhouding waarin hij nog steeds stond tot verschillende hoge geestelijken, heeft dit bewerkt. Een persoonlijk verhoor, dat hem tot een van ketterij verdachte zou hebben gestempeld, heeft hij niet behoeven te ondergaan en in plaats van in de zittingszaal van het Heilig Officie werd hij in stilte door Bellarminus vermaand zijn mening op te geven. Ook komt zijn naam niet voor in het decreet van de Congregatie van de Index, dat deze na de beslissing van 24 februari uitvaardigde en waardoor het werk van Copernicus geschorst werd, ‘donec corrigatur’, dat wil zeggen totdat het gereinigd zou zijn van alle plaatsen waarin het heliocentrische systeem geleerd werd, niet slechts als een mathematisch hulpmiddel voor de astronomie, maar als een waarheid, terwijl tevens alle boeken werden verboden die wilden aantonen dat de leer wel in overeenstemming was met de Heilige Schrift.

Dit alles verlichtte echter slechts weinig het zware offer dat van Galilei gevergd werd. Toch heeft hij zich, zoals uit menige uitlating van hem blijkt, zeer beijverd zich als goed katholiek bij de beslissing van de kerkelijke overheid neer te leggen en zijn lievelingsdenkbeeld te laten varen voor wat men hem als een vaste waarheid voor ogen stelde, overtuigd dat hij daardoor zijn verstand met zijn geloof in overeenstemming bracht.

We zullen thans dienen na te gaan in hoeverre hem dat gelukt is.

II

Duidelijker dan door een discussie van de onderling niet overeenstemmende documenten uit de tijd van de beslissing door het Heilig Officie, kunnen we ons een voorstelling maken van het standpunt van de kerkelijke overheid in deze zaak door een brief van de kardinaal Bellarminus, kort voor de uitspraak van 1616 geschreven. Bellarminus was een geleerde van grote reputatie en een man van machtige invloed in de congregaties, zodat zijn uitlatingen ons wel het juiste beeld geven van de overwegingen die de genomen beslissingen hebben beheerst. De brief is gericht aan pater Foscarini, die had trachten aan te tonen dat de leer van Copernicus niet in strijd was met de Heilige Schrift en die de waarheid van het nieuwe stelsel had verdedigd.

'Ik zeg u, Eerwaarde Vader,' schrijft Bellarminus, 'dat u en Galilei voorzichtig zouden handelen wanneer u zich tevreden zou stellen ex suppositione te spreken, zoals, naar ik meen, ook Copernicus steeds gedaan heeft. Want het is heel goed wanneer men zegt dat men, aannemende de beweging van de aarde en de onbeweeglijkheid van de hemel, beter de verschijnselen aan de hemel kan verklaren dan met de excentriciteiten en epicykels. Dat geeft niet het minste bezwaar en het is voor de mathematicus voldoende. Maar te willen beweren dat de zon werkelijk in het middelpunt van de wereld staat en slechts om zijn eigen as draait, terwijl de aarde zich in de derde hemel bevindt en met grote snelheid om de zon beweegt, daarmee loopt men groot gevaar niet slechts de filosofen en scholastische theologen te ergeren, maar zelfs ons Heilig Geloof te schaden, doordat men de Heilige Schrift van dwalingen beschuldigt. Wil toch eens nagaan of de Kerk kan toelaten dat men aan de Heilige Schrift een uitlegging geeft die afwijkt van die van de Heilige Vaders. Men kan niet antwoorden dat het hier niet om een geloofsartikel gaat; als het geen geloofszaak is ex parte objecti, dan is het er een ex parte dicentis*; zo zou het evenzeer een ketterij zijn als men ontkende dat Abraham twee zonen gehad heeft en Jacob twaalf, als dat men beweerde dat Christus niet uit een maagd is geboren. Want de Heilige Geest heeft zowel het een als het ander gezegd door de mond van de profeten en apostelen.' De kardinaal legt dan verder uit dat, als de waarheid van het systeem van Copernicus kon worden bewezen, de plaatsen die ermee in strijd werden geacht, metaforisch zouden moeten worden uitgelegd. Maar hij is van de onmogelijkheid van zulk een bewijs overtuigd. Hij beroept zich daarbij op Salomo. 'Want,' zegt hij, 'de man die de woorden schreef: 'De zon komt op, de zon gaat onder en spoedt zich naar de plaats waar zij alweder opgaat', was Salomo, die daarbij niet alleen door God was geïnspireerd, maar die de wijste was van alle stervelingen en de geleerdste in de kennis van de schepping en al deze wijsheid had hij van God. Het is daarom niet waarschijnlijk dat hij iets zou hebben beweerd, in strijd met een waarheid die aangetoond is of nog aangetoond zou kunnen worden.

In hoofdzaak komt dus de opvatting van de kardinaal hierop neer: het systeem van Copernicus is in strijd met de Heilige Schrift en mag daarom niet voor waar worden gehouden. Er is echter geen bezwaar tegen de verdere ontwikkeling als hypothese. In deze woorden laat zich met vrij grote zekerheid ook de beslissing van 1616 samenvatten.

Echter, er moet de nadruk op worden gelegd dat het woord ‘hypothese’ hier gebruikt is in de zin van de scholastiek, zodat de betekenis geheel afwijkt van die welke wij gewoon zijn aan dat woord toe te kennen. Voor de beoefenaar der natuurwetenschappen in onze tijd is een hypothese een onderstelling die in staat geacht wordt met de werkelijkheid overeen te stemmen, terwijl die overeenstemming waarschijnlijker wordt bij iedere bevestiging van de conclusies uit die onderstelling. Neemt men het woord echter in deze zin, dan zou het waanzin zijn een leer die men verbieden wil omdat men haar hoogst verderfelijk acht en totaal onjuist, als hypothese te tolereren, dat wil zeggen voortdurend de mogelijkheid van haar juistheid te onderstellen.

De scholastische opvatting van de uitdrukking ex suppositione of ex hypothesi daarentegen steunt geheel op de onderscheiding die de Grieken maakten tussen het metafysische en het mathematische deel van de astronomie. De mathematische astronoom had tot taak het ˙σωζειν τα φαινομενα,* dat wil zeggen het verzinnen van bewegingen van de hemellichamen die dezelfde verschijnselen zouden aanbieden als die wij werkelijk waarnemen. Tot de taak van de metafysicus hoorde het dan de werkelijke bewegingen op te sporen. In volkomen overeenstemming hiermee schrijft nu de heilige Thomas in zijn commentaar op *De caelo* van Aristoteles aldus: de astronomen hebben getracht op verschillende wijzen de planetenbewegingen te verklaren, maar het is niet noodzakelijk dat de onderstellingen die zij maken waar zijn, want misschien kunnen de verschijnselen die de sterren aanbieden verklaard worden door een ander soort beweging die nog onbekend is aan de mensen.

Vertaalt men deze opvatting uit de taal der kinematca in die der dynamica, dan zou men kunnen zeggen dat er voor de scholastiek geen meerdere overeenkomst bestaat tussen de door de astronoom aangenomen bewegingen waarmee hij de verschijnselen aan de hemel volkomen kan verklaren en de bewegingen die de hemellichamen werkelijk uitvoeren, dan er voor ons is tussen het mechanisme dat een planetarium in beweging houdt en de krachten die de werkelijke beweging van het zonnestelsel beheersen.

Ongetwijfeld kan men het een en ander ten gunste van deze opvatting aanvoeren, maar het staat vast dat haar heerschappij voor de ontwikkeling van de natuurwetenschappen funest zou zijn geweest. De natuurwetenschap zou zich nooit tot die hoogte ontwikkeld hebben die ze bereikt heeft, wanneer niet haar grondleggers de vaste overtuiging hadden bezeten dat ze met hun onderstellingen de structuur van een buiten ons bewustzijn objectief bestaande werkelijkheid op het spoor kwamen. Zo hoeft het ons dus ook geenszins te verwonderen dat deze opvatting aan een man als Galilei volkomen vreemd

was. Aan Kepler ook; maar toch zou zijn werk, her tot stand brengen van de nadere aansluiting van het systeem van Copernicus aan de waarneming, doorde eis de aardbeweging als een zuivere mathematische fictie te beschouwen - aangenomen dat ze hem gesteld ware zoals het aan Galilei is geschied - lang niet zo zeer zijn belemmerd als dat van Galilei. Want voor deze was het een levensdoel de fysische realiteit van de leer van Copernicus aan te tonen en voor hem betekende dus de eis van hypothetische behandeling eenvoudig het volkomen opgeven van zijn taak.

Aanvankelijk heeft hij zich aan de uitspraak van het kerkelijk gezag willig onderworpen en nog in de felle pennestrijd met pater Grassi S.J., waarin hij in 1619 gewikkeld werd naar aanleiding van de drie kometen van 1618, wordt slechts een enkele maal een voorzichtige toespeling op Copernicus gemaakt. Toen echter in 1623 Gregorius XV als paus werd opgevolgd door de kardinaal Maffeo Barberini onder de naam van Urbanus VIII, meende Galilei met het oog op de grote verering die de nieuw gekozen paus steeds voor hem getoond had, het verboden terrein wel weer iets openlijker te kunnen betreden. Hij schreef zijn beroemd polemisch geschrift *Il saggiatore*, waarin hij met snijdende ironie niet alleen pater Grassi, maar alle peripatetici afmaakte en waardoor hij naast de vele vijanden die hij zich sinds 1610 al door zijn scherpe pen en zijn niet minder scherpe tong gemaakt had ook nog de jezuïeten tegen zich in het harnas joeg.

In de grond was de *Saggiatore* een handig ingeklede verdediging van de leer van Copernicus; dit schijnt echter de pauselijke censor niet gemerkt te hebben, want het imprimatur werd met een zeer vleiend getuigschrift verleend. Ook de paus was zeer met het werk ingenomen en liet er zich herhaaldelijk uit voorlezen. Waarschijnlijk heeft hij zich door de grote handigheid van Galilei's schrijfwijze om de tuin laten leiden, tenzij men liever met de oprecht katholieke schrijver Grisar de vriendelijke onderstelling wil maken dat hij hem door deze bijvalsbetuigingen tot een openlijke overtreding van het verbod van 1616 wilde verleiden.

Het direct gevolg van de gunstige ontvangst van de *Saggiatore* was dat Galilei hoop begon te krijgen dat het hem zou gelukken het decreet van 1616 te doen herroepen en met dat doel begaf hij zich in 1624 naar Rome. De paus ontving hem met buitengewone hartelijkheid tot zes maal toe en gaf hem vele geschenken; ook prees hij in een brief aan de groothertog van Toscane zijn verdiensten in hooggestemde bewoordingen. Van de herroeping van het decreet was echter geen sprake. Urbanus had wel een grote liefde voor de wetenschap, maar alleen zolang deze maar geen spoor van een inbreuk maakte op de belangen van de Kerk, die hij met niets ontziende heerszucht verdedigde.

Na zijn terugkeer uit Rome begon nu Galilei ernstig het werk over de wereldsystemen in de vorm te brengen waarin het later voltooid is. Uit de ontvangst van zijn *Saggiatore* aan het pauselijk hof had hij de conclusie getrokken dat hij aan de eis van hypothetische behandeling kon voldoen door

maar bij iedere grond voor het stelsel van Copernicus te vermelden dat de kerkelijke beslissing aan dit argument de waarde had ontnomen. Blijkbaar heeft hij echter over het hoofd gezien dat een onderwerping die al te duidelijk slechts uiterlijk was, op spot zou gaan gelijken en dus de kerkelijke overheid eerder zou prikkelen dan omtrent de ware aard van zijn bedoeling misleiden.

In 1630 werd het voltooide werk aan de pauselijke censor aangeboden om vergunning voor de uitgave te verkrijgen. Het zou ons te ver voeren wanneer we hier de eindeloze moeilijkheden wilden bespreken die daarbij te overwinnen waren en die ten gevolge hadden dat eerst in 1632 het lang verwachte werk kon verschijnen. Het droeg de titel: *Dialoog van Galileo Galilei, van de Accademia dei Linci enz., waarin in het verloop van vier dagen gesproken wordt over de twee voornaamste wereldsystemen, dat van Ptolemaeus en dat van Copernicus, met uiteenzetting zonder onderscheid van de filosofische en natuurwetenschappelijke gronden zowel voor het ene als voor het andere*.

We willen bij dit merkwaardige werk dat de directe aanleiding tot het wereldberoemde proces is geworden, wat langer stilstaan.

De personen van de dialoog zijn Salviati, Sagredo en Simplicio. De twee eersten, die de namen dragen van geleerde vrienden van Galilei, verdedigen het systeem van Copernicus, de derde, wiens naam enerzijds een toespeling op 's mans simpliciteit bevat, anderzijds aan de bekende commentator van Aristoteles, Simplicius*, moet herinneren, is een aanhanger van Ptolemaeus. Salviati is de academische geleerde die het gesprek leidt en door wiens mond meestal de schrijver zelf spreekt, Sagredo de verstandige en ontwikkelde toehoorder die de juiste conclusies trekt uit wat hij hoort, de wetenschappelijke beschouwingen van Salviati in populaire vorm recapituleert en van tijd tot tijd met eigen gedachten in het debat ingrijpt. Hem legt Galilei die invallen in de mond waarvoor hij niet de volle verantwoording wil dragen, maar die hij toch voor te belangrijk houdt om ze verloren te laten gaan. Simplicio ten slotte is de representant van de boekengeleerdheid en het autoriteitsgeloof, een waardige tegenhanger van Wagner in *Faust*. Hij zweert bij Aristoteles, die zich immers niet kan vergissen, omdat hij de uitvinder van de logica is. Tegen Salviati en Sagredo is hij niet in het minst opgewassen; ze behandelen hem met een welwillende spot en hij moet ten slotte alles toegeven wat hij eerst met een beroep op Aristoteles voor onzinnig verklaard heeft. Met deze drie scherp getekende figuren bouwt Galilei nu een kunstwerk op dat in de levendige karakteristiek van de optredende personen een plaats verdient naast de dialogen van Plato en dat, evenals deze, duidelijk de artistieke waarde doet beseffen die er kan liggen in de langzame voorbereiding van het inzicht der toehoorder in een moeilijkheid, gevolgd door een heldere oplossing van het gestelde probleem.

Was nu echter de letterkundige voorliefde van de kunstenaar Galilei voor de dramatische dialoog als middel zijn leer zo levendig mogelijk te verkondigen, het enige motief dat hem dreef om de gespreksvorm te kiezen voor zijn grote

werk over de wereldsystemen? Er zijn uitlatingen van hem bekend uit de tijd na de beslissing van 1616, toen hij overwoog hoe hij zich met de veroordeelde leer zou kunnen blijven bezighouden zonder met de Kerk in conflict te komen, die de onderstelling wettigen dat het literaire behagen niet eens het hoofdmotief was. Voor alles schijnt hij deze vorm te hebben gekozen omdat ze hem de gelegenheid gaf redeneringen ten gunste van Copernicus te doen houden en zich toch, althans formeel, aan de verantwoordelijkheid daarvoor te onttrekken. Is deze onderstelling juist, dan is er wellicht niets dat zijn karakter beter tekent dan de wijze waarop het voltooide werk afwijkt van de bedoelingen die dan bij het ontwerpen zouden hebben voorgezeten. Bij de eerste blik in de *Dialoog* moest het namelijk duidelijk zijn dat de schrijver zelf door de mond van Salviati het systeem van Copernicus met vaste overtuiging verdedigde, terwijl de figuur van Simplicio slechts diende om bespot te worden en door zijn redeneringen de kracht van de argumenten van zijn tegenstanders in een helderder licht te plaatsen. Die partijdigheid van de schrijver was echter van praktisch standpunt beschouwd een onvergeeflijke fout, want ze moest onvermijdelijk ten gevolge hebben dat de volle verantwoordelijkheid voor de verdediging van Copernicus op hem viel. Wanneer Galilei praktisch was geweest, dan had hij in de dialoog een verdediger van de heersende wetenschap moeten laten optreden, die de nieuwe leer voor het oordeel van de tijdgenoten behoorlijk weerlegde. Ongetwijfeld zou hij, de voortreffelijke kenner van Aristoteles en Ptolemaeus, hiertoe in staat geweest zijn; het typeert hem dat hij die rol niet heeft kunnen spelen. Want het gevolg van zulk een houding zou geweest zijn dat hij afzag van sterke overtuigende werking op zijn tijdgenoten, in de hoop dat het nageslacht zijn ware verdiensten zou ontdekken. Er daar was zijn karakter niet naar. Hij was een van die hervormers die bezield met een onwankelbaar vertrouwen in de juistheid van hun inzicht, scherpziend waar het de fouten van anderen betreft maar blind voor de gebreken die het eigen nog onvolkomen systeem aankleven, tot iedere prijs hun medemensen tot hun mening willen bekeren. Hoe zou ook hij die overtuigd is de waarheid te bezitten, het kunnen aanzien dat anderen dwalen? En wanneer nu nog bij dat streven naar waarheid een brandende begeerte naar roem komt, hoe kan men dan van zo iemand verwachten dat hij de kracht van zijn eigen argumenten zal verzwakken om redenen aan de praktijk van het leven ontleend?

Tot op zekere hoogte moest hij zich echter toch ook weer aan die praktijk storen; om het imprimatur te verkrijgen had hij zich namelijk verplicht zich in een inleiding en een slotbeschouwing onderworpen te tonen aan de uitspraak van het kerkelijk gezag. Inderdaad heeft hij woorden van onderwerping geschreven, maar ze klinken in hun schrijnende tegenstelling met de zelfbewustheid van Salviati als een bittere ironie.

Zulk een werk moest wel gevaar voor zijn schrijver opleveren; dat gevaar werd echter nog vergroot doordat Galilei de onvoorzichtigheid had gehad aan

Simplicio een argument tegen Copernicus in de mond te leggen dat paus Urbanus VIII herhaaldelijk tegen hem zelf had gebruikt, met het gevolg dat zijn vijanden de paus wisten in te blazen dat Galilei hem in die Simpliciofiguur had willen bespotten; wel deden Galilei's vrienden in Rome alle mogelijke moeite de paus te overtuigen dat het geenszins de bedoeling was geweest hem te beledigen, maar de pijnlijke indruk werd hierdoor niet weggenomen.

Wat nu de inhoud van het werk betreft, deze is geheel anders dan men, afgaande op de titel, wellicht zou verwachten. Niet om de uiteenzetting van de astronomische systemen van Ptolemaeus en Copernicus is het in de eerste plaats te doen; deze worden zelfs in hoofdtrekken bekend ondersteld. Voor alles vervolgt Galilei het hoofddoel van zijn gehele leven: aan te tonen dat de fysische bezwaren tegen de realiteit van de aardbeweging ongegrond waren en de mensen in zo breed mogelijke kring met de buitensporigheid van het denkbeeld te verzoenen. Tegen Aristoteles gaat daarom in de eerste plaats het betoog, meer dan tegen Ptolemaeus; want dat het heliocentrische stelsel beter de verschijnselen aan de hemel verklaarde dan dat van Ptolemaeus gaven de betere anti-copernicaanse astronomen volmondig toe.

Wat nu wel heel zonderling aandoet is dat de verwaarlozing van het zuiver astronomische deel zover gaat dat er zelfs met geen woord gerept wordt over wat wij nu de belangrijkste vooruitgang in de astronomie in de eerste helft van de zeventiende eeuw vinden, de wetten van Kepler. Toch had Kepler reeds in 1609 in zijn *Astronomia nova* de twee eerste wetten gepubliceerd en in 1619 in de *Harmonice mundi* de derde. Galilei schijnt deze werken zelfs nooit te hebben gelezen; men krijgt trouwens steeds de indruk dat hij de verdiensten van Kepler, die toch als astronoom boven hem te stellen is, niet goed beseft heeft.

Heeft men zich echter goed voor ogen gesteld wat men van dit werk wel en wat men er niet van verwachten kan en verplaatst men zich daarbij zo volledig mogelijk in de gedachtensfeer van die tijden, dan is het een genot om te zien hoe voor het eerst te midden van vele onjuistheden de grondstellingen van de moderne natuurwetenschappen als iets nieuws en ongehoords te voorschijn komen. Wel blijft van het beeld dat jarenlange valse verheerlijking van Galilei gemaakt had als van de man die zich het eerst tegen Aristoteles zou hebben verzet en zich van al diens dwalingen met één slag zou hebben bevrijd, weinig over. Wanneer niet Duhems voortreffelijke onderzoekingen ons reeds hadden geleerd hoe geleidelijk de ontworsteling van het denken aan de heerschappij van Aristoteles in zijn werk gegaan is, dan zou een blik in de *Dialoog* ons hier ook al van kunnen overtuigen. Salviati, die het ene ogenblik juiste inzichten met een ongeëvenaarde helderheid uiteenzet, spreekt een bladzijde verder als een echte peripateticus en Sagredo komt aandragen met wel zeer interessante maar totaal onjuiste verzinsels.

Maar dit vermindert het genot dat men bij het lezen ondervindt geenszins.

Zoals Carlyle heeft opgemerkt, zijn de fouten van een groot man leerzamer dan de waarheden van de domoren en misschien is er niets zo geschikt om ons te doen beseffen hoezeer ons denkvermogen het produkt is van een eeuwenlange ontwikkeling, als wanneer we een stelling als de traagheidswet, die tegenwoordig iedere schooljongen meent te begrijpen, bij Galilei in een stadium van haar merkwaardige ontwikkeling waarnemen waarin al wel de wonderlijke opvatting van Aristoteles over het ophouden der beweging bij het ophouden van de oorzaak met haar consequentie van de onmogelijkheid van beweging in vacuo verlaten is, maar waarin ze toch nog ver verwijderd is van de fundamentele betekenis voor de gehele natuurwetenschap die Newton haar heeft gegeven. In de *Dialoog* is nog geen sprake van volharding in eenparige rechtlijnige beweging zolang er geen krachten optreden; Galilei gebruikt alleen de stelling dat een lichaam met horizontale beginsnelheid volhardt in eenparige cirkelbeweging om het middelpunt der aarde. Toch is ondanks het gemis aan algemene formulering en strenge juistheid van zijn beschouwingen, zijn verdienste op dit gebied niet hoog genoeg te schatten. Men hoeft slechts de stomme verbazing te zien waarmee zijn tijdgenoten zijn in ons oog elementaire traagheidsbeschouwingen aanhoren, om te beseffen hoeveel hij heeft bijgedragen tot de wonderlijke ontwikkeling van een inzicht waarvan het volstrekte tegendeel eeuwenlang met axiomatische zekerheid is aanvaard tot de bijna aprioristisch lijkende grondslag van onze natuurwetenschap.

De plaatsruimte staat niet toe verder op de rijke inhoud van de *Dialoog* in te gaan; we hebben ons immers niet zozeer met de betekenis van het werk voor de ontwikkeling der wetenschap bezig te houden als met de gevolgen die het verschijnen ervan voor de schrijver persoonlijk gehad heeft. Die gevolgen stonden met de wetenschappelijke waarde slechts in zoverre in verband dat de grote overtuigende kracht van Galilei's beschouwingen de kerkelijke overheid des te eerder tot ingrijpen heeft moeten aansporen. Van haar standpunt uit had ze daartoe alle reden. Het valt eenvoudig niet te ontkennen dat Galilei de gegeven voorschriften had overtreden en het stelsel van Copernicus met de grootste nadruk als waarheid had verdedigd.

Onmiddellijk na het verschijnen van het werk stelde Urbanus VIII dan ook een commissie in om te onderzoeken in hoeverre er aanleiding bestond om Galilei voor het Heilig Officie te dagen en reeds enkele weken later kreeg hij bevel van de paus zich naar Rome te begeven om zich te verantwoorden. Galilei bood aan voor de inquisiteur te Florence te verschijnen, daar zijn ziekelijke gezondheidstoestand en zijn hoge leeftijd - hij was toen bijna 70 jaar - een reis naar Rome zeer bezwaarlijk maakten. De paus was echter onverbiddelijk en zo moest hij wel in het begin van 1633 de tocht aanvaarden. Als een bijzondere gunst werd hem toegestaan in de villa van zijn vriend, de Toscaanse gezant Niccolini te vertoeven; slechts drie weken bracht hij tijdens het proces in de appartementen van de fiscaal der Inquisitie door. In het geheel had hij vier verhoren te ondergaan, waarvan we de inhoud als volgt kunnen samenvatten:

Er moesten in hoofdzaak twee vragen worden opgelost:

1 Heeft Galilei in de *Dialoog* het verbod de leer van Copernicus te verdedigen overtreden? Dit was de vraag van het factum haereticale, het ketterse feit.
2 Heeft Galilei inwendig de leer van Copernicus, die door het Heilig Officie veroordeeld is, aangehangen? Deze vraag betrof de intentio haereticalis, de ketterse gezindheid.

Op de eerste vraag antwoordde Galilei aanvankelijk dat hij in zijn werk de leer van Copernicus slechts hypothetisch had behandeld, maar bemerkende dat hij dit niet zou kunnen volhouden, besloot hij op dit punt toe te geven. In de tweede zitting legde hij de verklaring af dat hij bij herlezing van zijn werk gemerkt had dat hem bepaalde uitdrukkingen waren ontsnapt die niet duidelijk genoeg de valse leer van Copernicus schenen te weerleggen. Hij verontschuldigde zich hierover met te wijzen op het natuurlijke behagen dat ieder schept in zijn eigen scherpzinnigheid en de begeerte om door het verdedigen, zelfs van onjuiste stellingen, vernuftiger dan anderen te schijnen. ‘En hoewel ik,’ zegt hij, ‘met Cicero kan zeggen: “Avidior sum gloria quam satissit,”* zou ik toch wanneer ik nu over dezelfde bewijsgronden moest schrijven, ze ongetwijfeld zo weerleggen dat ze ook niet de schijn zouden hebben van de kracht die ze in werkelijkheid niet bezitten. Ik beken dus dat ik gedwaald heb uit ijdele eerzucht, zuivere onwetendheid en onachtzaamheid.’

En even later teruggekeerd, verklaarde hij nog nader:

‘En tot sterkere bevestiging dat ik de veroordeelde leer van de beweeglijkheid der aarde en de onbeweeglijkheid van de zon niet voor waar heb gehouden, ben ik bereid een nog duidelijker bewijs te leveren. Ik zal aan mijn *Dialoog* een of twee dagen toevoegen en beloof dan de argumenten voor de genoemde valse en veroordeelde leer opnieuw te behandelen en ze te weerleggen op de meest werkzame wijze die de barmhartige God mij zal willen ingeven.’

Men had dus zijn bekentenis over het factum haereticale; bleef nog over de intentio. Hierover verklaart Galilei in de vierde zitting het volgende:

‘Vóór de beslissing van de Heilige Congregatie van de Index en vóór mij het bevel was medegedeeld, hield ik de beide meningen, die van Ptolemaeus en die van Copernicus, voor betwistbaar. Maar na de genoemde beslissing hield alle twijfel bij mij op, overtuigd als ik was van de wijsheid van mijn meerderen en hield ik, zoals ik nog doe, de mening van Ptolemaeus, dat wil zeggen van de onbeweeglijkheid van de aarde en de beweeglijkheid van de zon, voor volkomen waar en onbetwijfelbaar.’

Zijn rechters wijzen hem er op dat zijn *Dialoog* aanleiding geeft tot de mening dat hij na 1616 de leer van Copernicus toch nog zou hebben aangehangen, maar Galilei blijft bij zijn verklaring. En ook onder bedreiging met de tortuur herhaalt hij:

‘Ik ben hier om gehoorzaamheid te betonen en, zoals ik gezegd heb, heb ik

deze leer na de gevallen beslissing niet meer voor waar gehouden.'

De Inquisitie, niet overtuigd van de waarheid van deze verklaring, veroordeelde hem als 'vehementer suspectus de heresia', ernstig verdacht van ketterij, en eiste van hem dat hij zich van deze verdenking door een eed zou zuiveren. De eed legde hij de dag daarop in het klooster Santa Maria sopra Minerva in de volgende bewoordingen af:

> Ik Galileo, zoon van wijlen Vincenzio Galileo van Florence, persoonlijk voor het gerecht aan wezig en geknield voor Uwe Eminenties, de kardinalen generaal-inquisiteurs in de gehele christelijke wereld tegen het verderf der ketterij, voor ogen hebbend de Heilige Evangeliën, die ik met eigen hand aanraak, zweer dat ik altijd geloofd heb, nog geloof en met Gods hulp in de toekomst zal geloven, alles wat de heilige katholieke en apostolische Kerk voor waar houdt, predikt en leert. Maar daar het Heilig Officie mij bevolen heeft dat ik de valse mening geheel op zou geven volgens welke de zon het centrum van de wereld is en zich niet beweegt en de aarde niet het centrum is en zich beweegt en dat ik de genoemde mening niet voor waar mocht houden, verdedigen of op enigerlei wijze leren, noch mondeling, noch schriftelijk en daar ik, nadat mij was aangezegd dat de genoemde leer in strijd was met de Heilige Schrift, een boek heb geschreven en doen drukken waarin ik de reeds veroordeelde leer behandel en sterke bewijsgronden ervoor aanvoer, zonder een definitieve oplossing te brengen, ben ik veroordeeld als ernstig verdacht van ketterij, namelijk te hebben volgehouden en geloofd dat de zon het middelpunt der wereld is en onbeweeglijk en dat de aarde niet het middelpunt is en zich beweegt.
> Daar ik nu deze ernstige verdenking, die terecht over mij is opgevat, bij Uwe Eminenties en alle gelovige katholieken wil wegnemen, verklaar ik met oprecht hart en ongehuicheld geloof de bovengenoemde dwaling en ketterijen af te zweren, te vervloeken en te verfoeien en evenzo iedere andere dwaling, ketterij en sekte die vijandig is aan de heilige Kerk. En ik zweer dat ik in de toekomst nooit meer mondeling of schriftelijk dingen zal zeggen of beweren die tot zulk een verdenking aanleiding kunnen geven, maar indien ik een ketter ken of iemand die van ketterij verdacht is, zal ik hem aangeven bij dit Heilig Officie. Ook zweer en beloof ik alle boetedoeningen die mij zijn of zullen worden opgelegd door dit Heilig Officie, getrouw te vervullen en in acht te nemen. En wanneer ik, wat God verhoede, in strijd handel met een van mijn afgelegde beloften of eden, onderwerp ik mij aan alle straffen en boetes die door de heilige canones en andere bijzondere en algemene regelen tegen zulke overtreders zijn bepaald. Zo waarlijk moge mij God helpen en zijn Heilige Evangeliën, die ik met eigen hand aanraak. Ik, de bovengenoemde Galileo Galilei, heb als boven afgezworen, gezworen, beloofd en mij verplicht en ten bewijze daarvan eigenhandig de voor mij liggende akte van mijn afzwering ondertekend en haar woord voor woord uitgesproken te Rome, in het klooster van Minerva, op heden, 22 juni 1633.

In het vonnis waarin deze eed aan Galilei werd voorgeschreven, was hij tevens

veroordeeld tot formele gevangenschap bij het Heilig Officie en was hem als heilzame boete opgelegd in de drie volgende jaren wekelijks eenmaal de zeven boetpsalmen te reciteren. De gevangenschap bestond in een verblijf in het paleis van Niccolini, onder het toezicht der Inquisitie, terwijl hij enige weken later verlof kreeg zich naar Siena te begeven waar zijn vriend, de aartsbisschop Piccolomini, hem gastvrij ontving. Ten slotte werd hem toegestaan in Arcetri bij Florence te gaan wonen. De laatste jaren van zijn leven werden verbitterd door lichamelijk lijden, terwijl hij nog diep getroffen werd door de dood van zijn geliefde dochter Maria Celeste, die non was in een naburig klooster.

Des te meer valt de onvergankelijke helderheid van zijn geest te bewonderen, als we zijn laatste en tevens meest belangrijke werk beschouwen, de *Discorsi delle nuove scienze*, dat in 1638 bij Elsevier in Leiden het licht zag. In dit werk worden de grondslagen van de mechanica als wiskundige wetenschap ontwikkeld met een scherpte van begripsbepaling en een fantasie in de meetkundige bewijsvoering, waarvoor nog het kritische denken van onze tijd steeds weer verbaasd staat.

Meer dan in de ontdekkingen aan de hemel, die zijn naam wereldberoemd hebben gemaakt, toont zich hier zijn genie in volle glorie waar hij eeuwenoude dwalingen over de meest elementaire verschijnselen weet te overwinnen. Zijn verdiensten op dit punt zijn niet beter te karakteriseren dan met Schopenhauers onovertroffen woorden: ‘Es kommt nicht sosehr darauf an, zu sehen, was nog keiner gesehen hat, als bei dem, was jeder sieht, zu denken, was noch keiner gedacht hat.’*

Tot het eind van zijn leven bleef Galilei, hoewel geheel blind, de mathematische wetenschap beoefenen. In 1642, het geboortejaar van zijn grote opvolger Newton, stierf hij als goed katholiek.

Talloos zijn de vragen waartoe de veroordeling van Galilei door het Heilig Officie nog steeds aanleiding geeft; ten dele betreffen ze interne aangelegenheden van de rooms-katholieke Kerk, ten dele geven ze steeds weer aanleiding tot de principiële meningsverschillen tussen gelovigen en ongelovigen over de positie en de waarde van de godsdienst in het leven van de mensheid. In de korte omvang van dit opstel willen we echter in de eerste plaats onze aandacht wijden aan de persoon van Galilei zelf, die een diepe bekoring uitoefent op ieder die in de geschiedenis niet vooral naar de overwinning zoekt, moge die nu in de marteldood bestaan of in de triomf. Wie zich meer aangetrokken voelt tot menselijkheid dan tot heiligheid zal steeds met warme sympathie de man beschouwen die te zwak was voor de strijd waartoe zijn genie hem dreef.

Jarenlang hebben de vereerders van Galilei zijn fouten verbloemd en zijn verdiensten overdreven; toen de feiten bekend werden, hebben de farizeeërs voor de man die zijn leven redde met een meineed, verachting getoond of medelijden, dat nog wreder was dan de verachting. Maar de moderne tijd streeft ernaar de mensen te leren kennen en deinst ervoor terug hem te oordelen. En zo past ons tegenover Galilei voor alles de eerbied die we

verschuldigd zijn aan zijn genialiteit en aan de diepe smart die hij om zijn grote gaven heeft moeten lijden.

Eindnoten:

1 R. Hooykaas, 'Herdenking van Eduard Jan Dijksterhuis (28 oktober 1892 - 18 mei 1965)', in: *Jaarboek der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 1965-1966 (Amsterdam, 1966) 387-396, in het bijzonder 390-391.

2 Het is overigens opvallend - net als bij Pascal - dat Dijksterhuis betrekkelijk weinig aparte artikelen over Galilei heeft geschreven. Het enige waar naar verwezen kan worden is een herdenkingsartikel uit 1942: E.J. Dijksterhuis, 'Galileo Galilei 1642-1942', in: *Faraday* 13 (1943) 65-73.

3 E.J. Dijksterhuis, *De mechanisering van het wereldbeeld* (Amsterdam, 1950) 369.

4 E.J. Dijksterhuis, *Het wereldbeeld vernieuwd. Van Copernicus tot Newton* (Arnhem, 1951) 39.

5 Dijksterhuis, recensie van Gina Loria, Galileo Galilei (1938), in: *De Gids* 102 (1938) II, 380-381.

6 De moderne inzichten over de verhouding tussen geloof en wetenschap in de kwestie Galilei zijn bij elkaar gebracht in enkele artikelen in: D.C. Lindberg, R.L. Numbers, eds., *God and nature. Historical essays on the encounter between christianity and science* (Berkeley, 1986). Nogal omstreden is de visie van P. Redondi, *Galileo eretico* (Turijn, 1983) (Ned. vertaling *Galilei, ketter* (Amsterdam, 1989)).

* 'Copernicus': Dijksterhuis schreef tot in de Tweede Wereldoorlog de naam van Copernicus altijd met twee p's: Coppernicus. Omwille van de uniformiteit in de spelling is hier al voor de meer gebruikelijke vorm Copernicus gekozen.

* 'Heilig Officie': De door paus Paulus III opgerichte en door paus Sixtus V uitgebreide Congregatie van het Heilig Officie vormde een onderdeel van de Curie (het pauselijke bestuursapparaat) en hield zich naast de inquisitie (de geloofsrechtbank) bezig met het handhaven van het katholieke geloof.

* 'de nodige uitbreiding': Omdat bij een beweging van de aarde om de zon de sterren steeds weer onder een iets andere hoek zouden moeten worden waargenomen (parallax der sterren), wat niet het geval was, moest men aannemen dat de sterren op zo'n grote afstand van de aarde stonden dat het hoekverschil niet waarneembaar was.

* 'excentriciteit': Excenters en epicykels zijn twee hulpconstructies die de astronomen gebruikten om de waargenomen bewegingen in overeenstemming te brengen met het dogma van de eenparige cirkelvormige beweging. Een excenter is een cirkel waarvan het middelpunt niet samenvalt met de aarde (zodat een in werkelijkheid eenparig cirkelvormige beweging vanuit de aarde gezien niet eenparig lijkt) en een epicykel is een cirkel waarvan het middelpunt weer beweegt over een andere cirkel, de zogenaamde dragende cirkel of deferent. Met epicykels kunnen teruglopende (retrograde) bewegingen van planeten worden verklaard en kan (evenals bij een excenter) de wisselende afstand van de planeet tot de aarde begrijpelijk gemaakt worden.

* 'Stagiriet': Aristoteles was in 384 v.Chr. in het Macedonische Stagira geboren en werd daarom wel de Stagiriet genoemd.

* 'nieuwere onderzoekingen': Dijksterhuis refereert hier vooral aan de geschriften van Pierre Duhem (zie noot 1). Hijzelf zou het betrekkelijke van de tegenstelling tussen Middeleeuwen en Renaissance aan de orde stellen in: *Renaissance en natuurwetenschap* (Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afd. Letterkunde, N.R., deel 19, no. 5; Amsterdam, 1956). De mening van Alexandre Koyré dat in de zeventiende eeuw een wetenschappelijke revolutie heeft plaatsgevonden, heeft Dijksterhuis nooit overgenomen.

* 'prof. Bosscha': Johannes Bosscha (1831-1911) werd in 1885 na een carrière als hoogleraar in Breda, inspecteur bij het middelbaar onderwijs en hoogleraar in Leiden benoemd tot secretaris van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen in Haarlem. In die functie heeft hij zich sterk gemaakt voor de uitgave van de *Oeuvres complètes* van Christiaan Huygens, waarvan het eerste deel in 1888 en het laatste in 1950 verscheen. De bewondering voor Huygens is bij Bosscha wel eens ten koste gegaan van de waardering voor andere natuuronderzoekers, zoals Galilei. Zie zijn *Verspreide geschriften* (3 delen, Leiden 1901-1903), in het bijzonder deel III.

* ‘pater Clavius’: Christopher Clavius (1537-1612), Duits jezuïet en wiskundige, doceerde astronomie aan het Collegium Romanum. Hij had een werkzaam aandeel in de in 1582 uitgevaardigde kalenderhervorming van paus Gregorius XIII.
* ‘zonnevlekken’: Galilei's boek *De maculis solaribus* (over de door hem in 1611 waargenomen zonnevlekken) verscheen in 1613.
* ‘*Révolte des anges*’: *La Révolte des anges* is een roman van de Franse schrijver en vrijdenker Anatole France, voor het eerst verschenen in 1914. Nectaire, een oude tuinman, is de incarnatie van één van de engelen die met Lucifer tegen God in opstand waren gekomen en die na de nederlaag alsnog via de weg van beschaving en natuurwetenschap de machtspositie van de God van Israel ondermijnd hadden. De roman is een literaire verwerking van de strijd tussen geloof en wetenschap die de geesten van de late negentiende eeuw zo langdurig bezighield (met dank aan H. van den Bergh).
* ‘que le vieux’: ‘dat de oude schepper van Israël, in plaats van het universum te hebben geschapen, zelfs geen vermoeden had van zijn structuur’.
* ‘primum mobile’: In de aristotelische kosmologie de buitenste sfeer, die als eerste bewogen wordt en die deze beweging doorgeeft aan de naar binnen toe geleden sferen.
* ‘heilige Thomas’: Thomas van Aquino (1227-1274), de Italiaanse scholasticus die een synthese tot stand bracht tussen de aristotelische natuurfilosofie en de christelijke leer.
* ‘Viri Galilaei’: ‘Mannen van Galilea, wat staat gij daar naar de sterren te kijken?’ (Handelingen 1:11).
* ‘grove hypothese’: Later werd de kwestie van de vervalsing nog uitvoerig besproken in: G. de Santillana, *The crime of Galileo* (Chicago, 1955).
* ‘Ex parte’: Ex parte objecti: op grond van het onderwerp; ex parte dicentis: op grond van wie het zegt.
* ‘σωζειν’: Letterlijk: het redden van de verschijnselen.
* ‘Simplicius’: Simplicius, een neoplatoons filosoof uit de zesde eeuw, doceerde in Athene toen keizer Justinianus in 529 de heidense filosofie verbood en de Atheense Akademie sloot. Simplicius week daarop uit naar Perzië, maar vier jaar later keerde hij terug en vestigde zich in Alexandrië, waar hij in 549 stierf. Hij is bekend om zijn degelijke commentaren op Aristoteles, waarin ook veel anderszins onbekende citaten van pre-socratische filosofen verwerkt zijn. Overigens was Simplicius ook de naam van een paus uit de vijfde eeuw.
* ‘Avidior sum’: ‘Ik ben begeriger naar roem dan voldoende zou zijn.’
* ‘Es kommt’: ‘Het komt er niet zozeer op aan te zien wat nog niemand gezien heeft, als wel bij wat ieder ziet te denken wat nog niemand gedacht heeft.’

Simon Stevin

Dijksterhuis had de naam een gereserveerd man te zijn, die zich in zijn boeken en artikelen door de klassieke stijl die hij hanteerde maar moeilijk op een persoonlijke manier kon uiten. Dit is maar ten dele waar. Wie zijn artikelen nauwkeurig leest, zal menige passage kunnen aanwijzen waarin iets doorklinkt van de emoties die hij heeft ondergaan en wie zijn werk als geheel beschouwt, zal moeten erkennen dat het een zeer persoonlijk stempel draagt. Voor Dijksterhuis geldt wat hij zelf eens over Simon Stevin schreef: 'Duidelijker dan iemand anders het vermag, tekent hij zelf zijn beeld wanneer men kennis neemt van zijn werk.'[1]

Om Dijksterhuis te leren kennen, zal men in de allereerste plaats moeten lezen wat hij over Stevin heeft geschreven, want het portret dat hij in verschillende artikelen van Stevin schetst is in hoge mate een zelfportret. Wat hij in het werk van Stevin accentueert zijn de punten die ook in zijn eigen werk sterk naar voren komen. Net als Stevin had hij een voorkeur voor het combineren van theorie en toepassing, het streven kennis niet alleen te vermeerderen, maar vooral ook uit te dragen naar een publiek dat breder is dan dat van de vakgenoten. Gemeenschappelijk is ook hun manier van denken, die geënt is op de denkstijl van de wiskunde, al ziet Dijksterhuis beter dan Stevin ook de beperkingen van die manier van redeneren in. Wat beiden gemeen hebben is verder de tegelijk strenge en bescheiden wijze waarop het werk van anderen wordt besproken en een laatste punt van overeenkomst is hun beider voorliefde voor een zuiver taalgebruik en een verzorgde stijl. Natuurlijk zijn er ook verschillen. Dijksterhuis was een groot muziekliefhebber en een niet onverdienstelijk pianist, terwijl muziek voor Stevin niet veel meer was dan 'een verborgen rekenvraagstuk, waarin de ziel - niemand begrijpt waarom - zoveel behagen weet te scheppen'.[2] Maar Dijksterhuis rekende Stevin deze al te ver doorgevoerde mathematische redeneerwijze niet al te zwaar aan, want wie zijn werk als geheel overziet, merkt toch dat hij te maken heeft 'met een uitermate redelijk, betrouwbaar en welwillend man, die ieders verdiensten graag erkende, die niemand de eer onthield waarop hij aanspraak kon maken en die niet in de eerste plaats eigen roem of voordeel nastreefde, maar veeleer geneigd was voornamelijk "ten ghemeenen oirboire" te werken'.[3]

Stevin behoorde volgens Dijksterhuis ook tot die zestiende-eeuwse auteurs die men nog altijd met plezier zou kunnen lezen. 'Vaak verschaft hij dat tintelend gevoel van blijdschap, dat een helder gebouwd en goed geformuleerd betoog kan teweeg brengen.'[4] Maar hij werd te weinig gelezen. In het eenzijdig-literaire taalonderwijs kwam een ingenieur als Stevin niet tot zijn recht. Anders dan in Italië, waar men reeds lang had ingezien dat Galilei tot de klassieke schrijvers van de Italiaanse literatuur behoorde, werd Stevin in het Nederlands taalonderwijs volledig genegeerd. Dijksterhuis zag zijn grote Stevin-biografie uit 1943 onder andere als een poging iets te doen voor de herwaardering van Stevin als schrijver.[5]

Nu was op het moment dat hij die biografie schreef al een keer ten goede te bespeuren. Was Stevin in de eerste decennia van deze eeuw een naam die men alleen associeerde met de zeilwagen en prins Maurits, in de late jaren dertig kwam men tot het inzicht dat Stevin een man van een veel groter betekenis was geweest. Belangrijk voor de nieuwe waardering voor Stevin was vooral het portret dat Annie Romein van Stevin gaf in het samen met Jan Romein geschreven *Erflaters van onze beschaving* (1938-1940), een portret dat nog altijd beschouwd mag worden als een oorspronkelijke en doordachte studie van een in die tijd nauwelijks bekende figuur uit de vaderlandse geschiedenis.[6]

Een bezwaar dat tegen het portret in de *Erflaters* zou kunnen worden aangevoerd, is dat Annie Romein aan het eigenlijke wiskundige werk van Stevin weinig aandacht besteedt; de lezer wordt ingelicht over de titels en krijgt een summiere opgave van de inhoud van de werken, maar men krijgt geen indruk van de manier waarop Stevin nu feitelijk te werk ging, hoe zijn redeneringen waren opgebouwd, hoe hij tot zijn conclusies kwam. Juist omdat Annie Romein zelf zegt dat men, ook al door de schaarste aan biografische gegevens, voor de kennis van Stevin vooral op zijn werk moet afgaan, wekt het verwondering dat de *inhoud* van die werken zo weinig ter sprake komt.

Dijksterhuis heeft dat anders aangepakt: niet alleen heeft hij voor zijn biografie nieuw bronnenmateriaal aangeboord (zij het dat hij vooral anderen in de archieven liet speuren), ook heeft hij zoveel mogelijk Stevin zelf aan het woord willen laten. Daarom ook heeft hij in het hierna afgedrukte artikel relatief veel aandacht besteed aan het zogenaamde ‘clootcransbewijs’, omdat daarin de didactische inslag van Stevins denken het best tot uitdrukking komt. Stevin was zelf ook bijzonder content met dit ogenschijnlijk zeer eenvoudige bewijs en men kan dus niet zeggen dat het een willekeurig gekozen voorbeeld van zijn denken is.

Aan het slot van het artikel komt Dijksterhuis ook nog eens terug op het plan dat hem al sinds het eind van de jaren dertig bezighield en waarop hij bij elke denkbare gelegenheid terugkwam: een schrijver kan men niet beter eren dan door zijn werk in druk beschikbaar te maken en de enige manier waarop dat bij Stevin gedaan kon worden was het uitgeven van een moderne editie van zijn verzamelde werken. Op het moment dat Dijksterhuis het hierna afgedrukte opstel schreef, was men al druk bezig. In 1946 had hij de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen met het voorstel voor zo'n uitgave benaderd en met twee leden van de afdeling Natuurkunde van de Akademie, de astronomen A. Pannekoek en M. Minnaert, had hij zitting genomen in een commissie die de wenselijkheid en de mogelijkheid van een uitgave van Stevins werken moest bezien. Het resultaat van al die inspanningen was dat in 1955 uiteindelijk het eerste deel van *The principal works of Simon Stevin* kon verschijnen, spoedig gevolgd door vier andere delen. Mede door deze uitgave, waarvan Dijksterhuis de inspirator mag worden genoemd, behoort Stevin nu tot de meer bekende erflaters van onze beschaving.[7]

Simon Stevin*

Simon *Ste*vin - zo, met de klemtoon op de eerste lettergreep, is zijn naam in zijn geboorteland van oudsher uitgesproken en zo, met vermijding van het hier te lande reeds vroeg gebruikelijke Ste*vin* en zeker van de geheel ongemotiveerde Franse uitspraak Stévin, wil ik hem ook noemen - behoort door zijn geboorte te Brugge tot de Zuidelijke, door zijn levensloop tot de Noordelijke Nederlanden. Hij is daardoor in de wijdste zin des woords een nationale figuur van de Nederlandse stam, een der sprekendste exponenten van het cultuurbezit dat de Vlamingen en ons gemeenschappelijk eigen is. Het besef van wat we in Stevin gezamenlijk bezitten is in België eerder en krachtiger tot openlijke uiting gekomen dan bij ons. Toen in 1848 de stad Brugge de driehonderdste terugkeer van zijn geboortedag met weidse feesten vierde en tevens te zijner ere het standbeeld oprichtte dat nog steeds de Simon Stevin-plaats aldaar siert, was hij in ons land op zijn best nog vaag bekend als constructeur van een zeilwagen voor prins Maurits. En hoewel het in 1948 ook bij ons reeds niet meer ontbrak aan geschriften waarin men zich over de ware betekenis van zijn figuur zou hebben kunnen oriënteren, heeft men het ook toen hier, in schrille tegenstelling zowel tot de aandacht die in België opnieuw aan hem gewijd werd als tot de intensiteit waarmee men hier in hetzelfde jaar het Hooft-jubileum vierde, aan iedere enigszins officiële herdenking laten ontbreken. Sindsdien is er echter wel iets ten goede veranderd; er worden hier te lande, niet in België, plannen beraamd om tot een herdruk van zijn werken te komen (waarover straks meer) en dat uw bestuur, mij voor een spreekbeurt op deze jaarvergadering uitnodigend, uitdrukkelijk verzocht over Stevin te spreken mag ik ook wel als een verheugend symptoom van een groeiende belangstelling in zijn persoon en zijn werk beschouwen.

Het is dus mijn taak van vanmiddag u hier Stevin in zijn historische betekenis te schetsen. Ik hoop die taak met een zekere volledigheid te vervullen, waarbij u dan echter de oppervlakkigheid die daarvan het onvermijdelijke complement is, voor lief zult moeten nemen. Een van Stevins meest kenmerkende trekken is namelijk zijn grote veelzijdigheid en men zou hem dan ook onrecht doen door van zijn vele hoedanigheden slechts enkele met voorbijgaan der andere in het licht te stellen.

Vooraf een korte schets van zijn levensloop. Deze is ons eigenlijk slechts

enigszins, helaas al te onvolledig, bekend van het ogenblik af dat hij zich in 1581, 33 jaar oud, te Leiden vestigde. Over zijn leven daarvoor staan slechts enkele feiten vast: zijn onwettige geboorte, een werkkring in de administratie van het Vrije van Brugge en een als kassier en boekhouder te Antwerpen. Het is waarschijnlijk dat hij ook in het buitenland verblijf heeft gehouden, onder meer in Danzig en andere Pruisische steden. Wat zijn biografen verder over zijn jeugd- en jongelingsjaren te vertellen hebben berust op fantasie.

Het staat wel vast dat hij zich voor zijn komst in de Noordelijke Nederlanden op velerlei gebied degelijk wetenschappelijk geschoold moet hebben. Want reeds korte tijd na zijn komst begint een stroom van publikaties te vloeien die van grote vertrouwdheid met de literatuur op het gebied van wiskunde en mechanica blijk geven, terwijl hij tevens een grote activiteit ontwikkelt als waterstaatsingenieur en als uitvinder. Hij komt - wij weten niet hoe en wanneer - in kennis met de jonge prins Maurits, onder wie hij als ingenieur in het Staatse leger dient en die hij bovendien in wis- en natuurkundige vakken, in astronomie en in boekhouden onderwijst. In 1604 wordt hij kwartiermeester van het leger; ook treedt hij op als superintendent van de financiële administratie van de Prins. In 1616, dus op 68-jarige leeftijd, treedt hij in het huwelijk met Catharina Cray uit Leiden, bij wie hij vier kinderen, Frederik, Hendrik, Susanna en Levina, gehad heeft. In 1620 is hij tussen 20 februari en begin april waarschijnlijk in Den Haag overleden.

Stevins eerste publikaties betreffen op een werkje over logica na alle de wiskunde. In 1582 verschijnt een boek over intrestrekening, waarin de oudst gepubliceerde volledige rentetafels voorkomen, daarna een verzameling wiskundige problemen, *Problemata geometrica*, en in 1585 een omvangrijk werk over de theorie en de praktijk van rekenkunde en algebra, waarvan een onderdeel reeds eerder in het Nederlands onder de titel *De Thiende* verschenen was. Ik kan hier over deze werken niet veel zeggen; zij zijn van groot belang voor de geschiedenis der wiskunde, maar waaruit dat belang eigenlijk bestaat wordt alleen duidelijk voor wie zich eerst geheel in de historische situatie van het einde der zestiende eeuw heeft ingeleefd. Wanneer men zijn vondsten gaat opsommen zonder dat aan deze voorwaarde voldaan is lijken ze onvermijdelijk enigszins triviaal; de onophoudelijke niveauverhoging van het mathematisch kunnen maakt nu eenmaal dat wat eenmaal hoogtepunt der wetenschap was in de loop der tijden afdaalt tot de rang van elementaire leerstof.

Ik maak echter één uitzondering en wel voor een prestatie van groot praktisch belang, die in de geschiedenis der wiskunde speciaal met Stevins naam verbonden pleegt te worden, namelijk de invoering der decimale breuken. Sedert omstreeks 1200 was in West-Europa gaandeweg de bewonderens-waardige uitvinding der Indiërs bekend geworden die het mogelijk maakte alle gehele getallen te schrijven met behulp van tekens voor een, twee...negen, aangevuld - en dat was vooral een geniale vondst geweest - met het teken o

voor niets. Men had echter nog steeds verzuimd de grondgedachte van dit zogenaamde positiestelsel, namelijk de waarde van een teken te laten afhangen van de plaats die het in het geheel inneemt, ook uit te breiden op breuken, dus naast tientallen, honderdtallen enzovoorts ook tiende delen, honderdste delen enzovoorts van de eenheid door de cijfers 0, 1...9 voor te stellen. Waar met grote nauwkeurigheid gerekend moest worden - en dat was speciaal het geval in de goniometrische berekeningen waarvan de astronomen zich bedienden - had men zich naar het voorbeeld van de Duitse astronoom Regiomontanus zo leren redden dat men een zo kleine nieuwe eenheid invoerde dat alle optredende getallen geheel werden, maar het gevolg was dat men wanneer men een grootheid zag aangegeven bijvoorbeeld door de cijfercombinatie 1342759, erbij moest weten en onthouden welk breukdeel van de oorspronkelijke eenheid nu als eenheid genomen was. Stevin kwam nu op het idee dit in het getalteken zelf aan te geven. Hij schrijft bijvoorbeeld:

⓪	①	②	③
8	9	3	7

voor wat wij als 8,937 noteren en bedoelt daarmee dat de nieuwe eenheid (waarvan er dus 8937 zijn) het duizendste deel is van de ‘Eenheyt des Beghins’ die door het teken o wordt aangegeven. Later vereenvoudigt hij dit tot:

⓪		③
8937	of	8937

en hij zou het nog eenvoudiger hebben kunnen maken door 8.937 te schrijven of 8,937, zoals men kort na hem heeft gedaan, waarna het dan nog maar een stap was om tot het begrip van de decimale positiebreuk te komen. Strikt genomen heeft Stevin dus de decimale breuken niet ingevoerd; zijn ‘Thiendetalen’ of ‘Getalen van den tienden voortganck’ zijn gehele getallen en de ondertitel van het werkje *De Thiende*, dat erover handelt, luidt dan ook: ‘Leerende door onghehoorde lichticheyt allen rekeningen onder den Menschen noodich vallende, afveerdighen door heele ghetalen sonder ghebrokenen’.

Men rekent met deze tiendetallen echter precies als met decimale breuken en daar hij in zijn boekje dat rekenen systematisch behandelt moet men toch wel de voornaamste stap op de weg naar de decimale breukrekening als zijn verdienste beschouwen.

Ik heb de invoering van de decimale breuken niet alleen uitdrukkelijk vermeld om de grote historische betekenis die eraan eigen is maar ook omdat het werkje *De Thiende* ons in kennis brengt met een kenmerkende eigenaardigheid van Stevins persoonlijkheid, namelijk met zijn sterke behoefte om zoals hij het zelf uitdrukt ‘ten ghemeenen oirboire’ te werken, zijn wetenschap in zo ruim mogelijke kring praktisch toepasbaar te maken. De opdracht van *De Thiende* getuigt ervan: ‘Den Sterrekyckers, Landtmeters, Tapytmeters, Wijnmeters, Lichaemmeters int ghemeene, Muntmeesters, ende allen Coop-

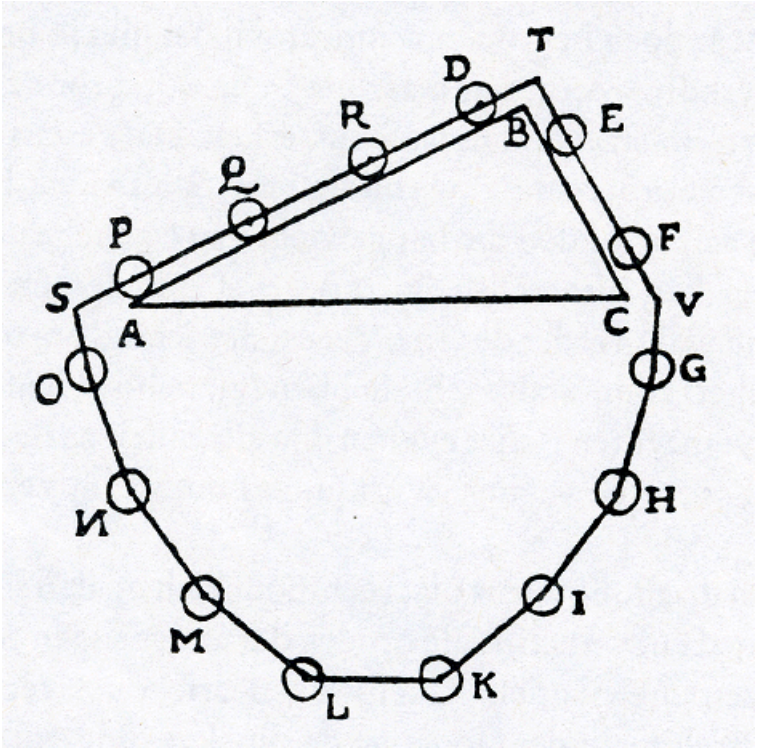
lieden, wenscht Simon Stevin gheluck'; in zijn werkje behandelt hij voor elk van deze beroepen het nut dat daarin van het rekenen met decimale positiebreuken getrokken kan worden. Vooruitlopend op een ontwikkeling die eerst twee eeuwen na hem een aanvang zou nemen en die in onze tijd nog niet voltooid is bepleit hij verder voor alle maten, met inbegrip van de graad, een decimale indeling. In al zijn werken zal hij zo tegenover het starre vormconservatisme dat in de toegepaste wiskunde ook tegenwoordig nog zo welig tiert, een efficiënte hantering van de mathematische techniek bepleiten.

Het hoogtepunt van Stevins wetenschappelijke produktie wordt in het jaar 1586 bereikt wanneer bij Plantijn te Leiden zijn werken *De Beghinselen des Weeghconst, De Weeghdaet* en *De Beghinselen des Waterwichts* verschijnen, waarop zijn eervolle positie in de geschiedenis der natuurkunde berust. Opnieuw zou het een uitvoerige historische oriëntatie vereisen om de ware betekenis van deze werken, de eerste na Archimedes waarin voor de statica en de hydrostatica werkelijk nieuwe wegen geopend werden, duidelijk te maken. Maar evenals bij de wiskunde maak ik een uitzondering; door namelijk over een bepaalde propositie uit de *Weeghconst* te spreken kan ik een drieledig doel bereiken: *1)* een indruk geven van de eigen aard van Stevins wetenschappelijke begaafdheid; *2)* een vondst leren kennen die hem zelf wel het allermeest aan het hart heeft gelegen; *3)* een aanknopingspunt vinden om iets over zijn bijdragen tot de ontwikkeling van de Nederlandse taal te zeggen.

Het gaat om het '11e Vertooch' van het eerste boek van de *Weeghconst* waarin een hoogst origineel bewijs wordt gegeven van de zogenaamde stelling van het hellend vlak. Ook dat is een stelling die tegenwoordig tot de allerelementairste leerstof van de fysica behoort; zij beantwoordt de vraag hoe groot de kracht is die een lichaam van gewicht G, gelegen op een glad hellend vlak, naar omlaag trekt en iedere leerling van een tweede klas HBS kan u zeggen dat deze kracht K langs de helling zich tot G verhoudt als de hoogte h van het hellend vlak tot zijn lengte L. Maar laat u dit niet op een dwaalspoor brengen wat de waarde van dit inzicht betreft: de Grieken, hoe geniale mathematici zij ook hebben voortgebracht, hebben het niet bezeten; in de Middeleeuwen is er in de school van Jordanus Nemorarius een bewijs voor gegeven, maar dit berustte op een gecompliceerde redenering; een eenvoudige, de kern van het probleem blootleggende afleiding heeft voorzover we weten vóór Stevin niet bestaan.

In hedendaagse bewoordingen uitgedrukt verloopt zijn redenering als volgt: Op de zijden AB en BC van de verticaal geplaatste driehoek ABC (zie fig.) liggen de stoffelijke punten D en E van gelijk gewicht G, verbonden door een koord dat bij T over een katrol geslagen is. Hoe verhouden zich de krachten waardoor D en E langs de zijden AB en BC omlaag worden getrokken? Wij denken ons D en E deel uitmakend van een snoer waaraan op onderling gelijke afstanden stoffelijke punten van gewicht G geregen zijn en vragen wat dit snoer zal gaan doen. Wanneer het in beweging komt zal het na een verplaatsing te

hebben ondergaan er weer juist zo uitzien als aanvankelijk, zodat de beweging voort zal duren. Er ontstaat dan dus een eeuwigdurende beweging, wat als ongerijmd beschouwd moet worden. Het snoer zal dus in rust blijven; deze rust zal niet worden verstoord wanneer men bij A en C het afhangende stuk wegneemt. Hieruit volgt dat het snoergedeelte op AB dan dat op BC in evenwicht houdt. Daar nu de aantallen punten langs beide zijden zich als de lengten van die zijden verhouden, zullen de krachten op een van die punten langs elk der beide zijden met de lengten van die zijden omgekeerd evenredig zijn. Denkt men zich ten slotte BC verticaal dan volgt de stelling in de vorm waarin zij tegenwoordig pleegt te worden uitgedrukt.



Stevins clootcransbewijs (XI^e Vertooch, XIX^e Voorstel van *De Beghinselen der Weeghconst*, Leiden 1586)

Waarin bestaat nu het kenmerkend steviniaanse van dit betoog? Niet uitsluitend in het vernuft van de redenering maar voor alles in de bij mathematische bewijzen zo zelden voorkomende eigenschap dat voor het volgen van het betoog geen voorafgaande kennis vereist wordt. Terwijl namelijk bijna altijd wordt aangenomen dat men al verscheidene andere dingen weet, waardoor een in werkelijkheid vrij lang bewijs een bedrieglijke schijn van kortheid kan krijgen, steunt Stevins afleiding op geen enkele voorafgaande stelling. Zij vereist niets anders dan aandacht en een onbevangen blik en ze is even overtuigend voor het kind of de onontwikkelde als voor de geschoolde fysicus. Maar dat is het nu juist wat Stevin beoogt; het is zijn ideaal - wij zullen zien hoe het in zijn diepste overtuigingen wortelt - een algemene mathematisch-fysische cultuur tot stand te brengen, alle kringen der maatschappij ongeacht hun stand en vooropleiding in de verhelderende invloeden van het wis- en natuurkundig denken te doen delen. Daartoe moest hij echter

redeneringen houden die voor iedere belangstellende zonder meer overtuigend waren; hij is daarin herhaaldelijk geslaagd maar nooit weer zo uitmuntend als in de afleiding van de wet van het hellend vlak die ik u geschetst heb.

Aan dit bewijs heeft hij zelf de hoogste waarde gehecht; de figuur waarop het berust fungeert, voorzien van het randschrift ‘Wonder en is gheen Wonder’, als vignet op de titelpagina van de meeste van zijn na 1586 verschenen werken en uit een hem verleend octrooi weten wij dat hij haar als eigendomsmerk op technische uitvindingen gebruikt heeft.

Wij leren in dit bewijs dus iets wezenlijks over Stevins wetenschappelijke begaafdheid en over zijn maatschappelijke idealen kennen; het kan ons echter nog meer van hem doen begrijpen wanneer wij het niet in onze hedendaagse terminologie verkort weergeven maar het in de oorspronkelijke vorm zoals het in de *Weeghconst* staat op ons laten inwerken. Dat vereist echter een korte terminologische voorbereiding: u zult de term ‘staltwicht’ horen gebruiken om de werking aan te duiden die het gewicht van een lichaam onder gegeven omstandigheden kan uitoefenen, in ons geval dus de gewichtscomponent langs het hellend vlak; verder de term ‘evenstaltwichtig’ om uit te drukken dat twee lichamen hetzelfde ‘staltwicht’ hebben (zij hebben dan een ‘ghelaet van evenwichticheyt maer ten is niet eyghen dan alleenlick na de ghestalt’); en het woord ‘roersel’ voor beweging. Wij kunnen nu Stevin zelf aan het woord laten:

‘Wesende een driehouc wiens plat rechthouckich op den sichteinder is, met sijn grondt daer af euewidich, ende op elck der ander sijden een rollende cloot met malcanderen euewichtich: Ghelijck des driehoucx rechter sijde tot de slincker, also t'staltwicht des cloots op de slincker sijde, tottet staltwicht des cloots op de rechter sijde.

T' GHEGHEVEN. Laet ABC een driehouck wesen diens plat sy rechthouckich op den sichteinder, ende den grondt AC euewydich van den sichteinder, ende op de sijde AB, die dobbel sy an BC, ligghe een cloot D, ende op de sijde BC een cloot E, euewichtich ende euegroot met den cloot D.

T' BEGHEERDE. Wij moeten bewysen dat ghelijck de sijde AB 2, tot BC 1, alsoo t'staltwicht des cloots E, tottet staltwicht des cloots D.

T' BEREYTSEL. Laet ons maecken rondtom den driehouck ABC eenen crans van veerthien clooten, euegroot, euewichtich, ende euewijt van malcanderen, als E, F, G, H, I, K, L, M, N, O, P, Q, R, D, al ghesnoert an een lini, streckende door haer middelpunten, also dat sy op die middelpunten drayen mueghen; Datter oock twee clooten passen op die sijde BC, ende vier op BA, dat is ghelijck lini tot lini, also clooten tot clooten; laet oock an S, T, V, drie vastpunten staen, ouer welcke de lini ofte t'snoer der clooten slieren mach, also dat de twee deelen des snoers die bouen den driehouck staen, euewydich sijn van de sijden AB, BC; Inder voughen dat alsmen den crans an d'een ofte d'ander sijde neertrect, soo rollen de clooten op de linien AB, BC.

T' BEWYS. Soo t'staltwicht der vier clooten D, R, Q, P, niet euen en waer met het staltwicht der twee clooten E, F, t'een of t'ander sal swaerder sijn, latet wesen (soot mueghelick waer) der vier D, R, Q, P; Maer de vier clooten O, N, M, L, sijn euewichtich met de vier clooten G, H, I, K, de sijde dan der acht clooten D, R, Q, P, O, N, M, L, is swaerder na de ghestalt dan de sijde der ses clooten E, F, G, H, I, K: maer want het swaerste altijdt het lichtste ouerweeght, de acht clooten sullen neerwaert rollen, ende d'ander ses rijsen: Latet soo wesen, ende D sy ghevallen daer nu O is, ende E, F, G, H, sullen sijn daer nu P, Q, R, D, ende I, K, daer nu E, F, sijn, Maer dit soo wesende, den crans der clooten sal alsulcken ghestalt hebben als sy te vooren dede, ende sullen om de selue redenen de acht clooten ter slincker sijde wederom staltwichtigher sijn dan de ses clooten ter rechter, waer duer de acht clooten wederom neer sullen rollen, ende d'ander ses rijsen, welcke valling ter eender, ende rijsing ter ander, om dat de reden altijdt de selue is, altijdt ghedueren sal, ende de clooten sullen uyt haer selven een eeuwich roersel maken, t'welck valsch is. Het deel dan des crans D, R, Q, P, O, N, M, L, is euestaltwichtich met het deel E, F, G, H, I, K: Maer van sulcke euewichtighe ghetrocken euewichtighe, de resten sijn euewichtich, laet ons dan van dat deel trecken de vier clooten O, N, M, L, ende van dit de vier clooten G, H, I, K (welcke euen sijn aan de voornoemde O, N, M, L,) de resten D, R, Q, P, ende E, F, sullen euestaltwichtich sijn. Maer wesende dese twee euestaltwichtich met die vier, E sal tweemael staltswaerder sijn als D. Ghelijck dan de lini AB 2, tot de lini BC 1, also t'staltwicht des cloots E, tottet staltwicht des cloots D.

T' BESLUYT. Wesende dan een driehouck wiens plat, &c.'

Het zal u duidelijk zijn dat wij hierdoor in een veel nauwer contact met Stevin gekomen zijn; wij hebben hem namelijk aan het werk gezien in de verwezenlijking van een doel dat hij van de verschijning van de *Weeghconst* af met een nooit verslappende hartstochtelijke ijver vervolgd heeft, de schepping van een zuiver Nederlandse voertaal voor de beoefening van de wetenschap.

Wij bezitten van Stevins eigen hand een systematische uiteenzetting van zijn denkbeelden op dit punt. Aan de *Weeghconst* is namelijk een *Uytspraeck van de Weerdicheyt der Duytsche Tael* toegevoegd, waarin hij een aantal argumenten aanvoert voor zijn stelling dat het Nederduits zich beter dan welke andere taal ter wereld ook voor wetenschappelijke redeneringen leent. Het zijn er in hoofdzaak drie: *1*) een grote rijkdom aan eenlettergrepige woorden waardoor het heel vaak mogelijk is 'ynckel saken met ynckel gheluyden te beteeckenen'; *2*) een grote gemakkelijkheid in het vormen van samengestelde woorden en wel volgens het vaste systeem dat het laatste lid van het compositum de 'grondt' (subjectum), het tweede het 'anclevende' (adjectum) aangeeft, bijvoorbeeld putwater = water uit een put, waterput = put waaruit men water schept. Maar vooral *3*) de grote 'beweeghlicheyt', dat wil zeggen het vermogen tot bewegen, tot meeslepen en ontroeren. Hij licht dat toe door erop te wijzen hoe gemakkelijk het een welsprekende geloofsprediker valt de mensen mee te krijgen. 'Wat is d'oirsaeck? de beweeghlicheyt der Duytsche woorden, al veel

heftelicker des menschen sin ende ghemoet tot des Redenaers voornemen dringhende, als eenighe ander, want soo hij de tong wel t'sijnen bevele heeft, ende dat het hem maer int hooft quaem een bessem de bruyt tesijne, hy sal de ghemeente beweghen ter bruyloft te commen; Ia noch al slimmer dinghen doen bestaen, streckende niet alleen tot ellende van wyf en kinderen, tot verlies van lijf ende goedt, maar oock tot ghemeene verderfnis des landts, als metter daet, dat beclaghelick is, te veel blijct: Daerom waert wel te wenschen, dat gheen ander begaefde der Duytsche tong, sulck ampt ten deele en viele, dan diens einde tot de ghemeene welvaert strect; want soodanigher menschen Duytsche woorden, vaten in de hoorders herten als clissen an wolle, sy sijn als den breydel des peerts, als t'roer eens schips, duer t'welck de ghemeente ghevoert wort daert den stierman belieft.'

Dat Stevin aan zijn eigen taal zo ver de voorkeur geeft boven alle andere berust echter niet alleen op argumenten van taalkundige en taalpsychologische aard; er werkt ook een sterk sociaal motief toe mee; overtuigd als hij is van de belangrijkheid van de functie die de wis- en natuurkundige wetenschappen in de samenleving te vervullen zullen krijgen, beraamt hij middelen om alle in het volk schuilende krachten en vermogens die de bloei van deze vakken zullen kunnen bevorderen tot leven te wekken en in dienst van de wetenschap te stellen. Daarvoor is echter een allereerste noodzaak de oppermachtige positie die het Latijn van oudsher bij de intellectuele opvoeding had ingenomen te breken en in het algemeen alle belemmeringen weg te nemen die het gebruik van vreemde talen aan de ontplooiing van mathematisch-fysisch en technisch vernuft in de weg zou kunnen leggen.

Dit motief om alles in de volkstaal te schrijven blijkt dus dezelfde wortel te bezitten als zijn streven bewijzen te geven die geen voorkennis vereisen. Beide komen voort uit zijn vaste overtuiging dat het de taak van de mensheid is een vroeger eenmaal voorgekomen toestand, die hij als de 'Wijsentijt' betitelt en waarin alle kennis die wij nu moeizaam weer trachten te veroveren in volmaakte vorm aanwezig is geweest, weer terug te brengen. Dit zal echter alleen kunnen gebeuren wanneer overal ijverige 'gaslaghers' van de natuur aan het werk zullen zijn die elkaar hun bevindingen zullen meedelen. Stevin verenigt in deze opvatting op merkwaardige wijze de denkbeelden van de beide Bacons. Met Roger[*] deelt hij de overtuiging van de *aurea aetas* waarvan we de inzichten weer moeten trachten te herwinnen; maar in plaats van daaruit de conclusie te trekken dat men dus in oude boeken moet studeren loopt hij vooruit op het ideaal van experimenteel groepswerk op natuurwetenschappelijk gebied dat Francis in zijn utopie van de *Nova Atlantis* zal schilderen.

In zijn strijd voor systematisch wetenschappelijk onderzoek waarvan de resultaten in de landstaal zullen worden neergelegd verschijnt Stevin ons plotseling niet langer als een geïsoleerde Nederlandse geleerde met progressieve denkbeelden over wetenschapsbeoefening, maar als een lid van een uitgebreide klasse van geleerden, kunstenaars en technici die allen voor hun eigen land ditzelfde doel nastreefden.

Door hun gemeenschappelijk werk voltrekt zich de emancipatie van de natuurwetenschap uit het theologisch-wijsgerige milieu waarin zij in de Middeleeuwen voornamelijk behandeld was. Zij zijn niet meer uitsluitend, soms zelfs helemaal geen denkers, zoals de geleerden der scholastiek, maar daarnaast of alleen, om aan Stevin een graag gebruikte term te ontlenen, ‘doenders’. Het zijn mensen die midden in de praktijk van het leven staande, ernaar streven de problemen waarvoor zij zich daar gesteld zien de baas te worden niet op grond van een overgeleverde routine of uit kracht van een intuïtieve begaafdheid, maar door bewust gebruik te maken van de methoden van een weer tot bloei komende wiskunde en een ontluikende nieuwere natuurwetenschap, terwijl zij anderzijds deze vakken verrijken met wat de praktijk hen leert. In Italië zijn het voornamelijk beeldende kunstenaars en architecten, die tevens kanalen ontwerpen en vestingen aanleggen, mannen als Leon Battista Alberti, Brunelleschi en Leonardo da Vinci; in Duitsland behoort Albrecht Dürer ertoe; in Portugal en Engeland, zeevarende landen, waar de samenleving andere eisen stelt dan aan de hoven van prachtlievende en oorlogszuchtige Italiaanse vorsten, zijn het zeevaartkundigen en instrumentenmakers als Martin Behaim, Nuñez en Edward Wright.

Al deze wetenschappelijke technici en technische artisten streven er nu met het oog op het publiek dat zij willen bereiken met eenzelfde beginselvastheid naar het Latijn als voertaal der wetenschap door de landstaal te vervangen. Dat stelde hen echter voor de moeilijke taak die landstaal daarvoor geschikt te maken. Men kan veilig zeggen dat geen van hen die taak meesterlijker heeft vervuld dan Stevin voor het Nederlands. Een opmerkelijk vermogen voor begrippen die men altijd in het Latijn had uitgedrukt inheemse equivalenten op te sporen, samen te stellen of als het moest te vormen, maakt hem tot een van de grondleggers van de Nederlandse taal. In de wis- en natuurkunde gebruiken we dagelijks tal van eenvoudige termen die ons zo vertrouwd zijn dat het moeite kost zich voor te stellen dat zij eens bewust door iemand en wel bijna steeds door Stevin voor dit doel gevormd zijn. Wij noemen algebra stelkunde, geven parallel door evenwijdig weer, equilibrium door evenwicht, proportio door reden en proportionalitas door evenredigheid en wij zouden nog vandaag onze taal kunnen verrijken door voor nog meer wetenschappelijke termen bij Stevin in de leer te gaan.

Ik bied dapper weerstand aan de verleiding om op dit belangrijke en voor de kennis van Stevins persoonlijkheid hoogst instructieve onderwerp dieper in te gaan. Er is echter één door Stevin ingevoerde term die een speciale beschouwing verdient en wel de zo juist al genoemde term evenredigheid. In het Grieks had men de term ἀναλογία om de gelijkheid van twee λόγοι uit te drukken; het Latijn vertaalde logos zowel door ratio als door proportio, maar in de moderne talen heeft proportio in de regel de betekenis van ἀναλογία gekregen, waarvoor het zich helemaal niet leent. Wij echter kunnen dankzij Stevin logos door reden weergeven en de gelijkheid van twee redens evenredigheid noemen.

Na deze lange uitweiding naar aanleiding van het '11e Vertooch' van het eerste boek der *Weeghconst* moet ik verder over dit belangrijke geschrift evenzeer zwijgen als over het daaraan toegevoegde *Weeghdaet*, dat de praktische toepassingen van de *Weeghconst* behandelt en over het gelijktijdig uitgegeven *Waterwicht*, dat voor de hydrostatica hetzelfde doet als de *Weeghconst* voor de leer van evenwicht en zwaartepunt, namelijk de sedert Archimedes onderbroken traditie voortzetten en de ontwikkeling die het vak in de zeventiende eeuw zal ondergaan in hoge mate voorbereiden.

Ons overzicht van Stevins publikaties vervolgend, vinden we in het in 1590 verschenen *Burgherlick Leven* plotseling een werkje op een gans ander gebied dan waarop hij zich tot dusver bewogen had; hij verdiept zich namelijk in de situatie die ontstaat wanneer de 'Steetsche', 'Natuerlicke' en 'Goddelicke' wetten, waaraan de *Staat der Burgherie* haar vorm ontleent, in strijd komen met elkaar of met het geweten van de burger en geeft een leidraad die in zulke gevallen de juiste gedragslijn kan helpen bepalen. Hij behandelt daartoe vragen als deze, welke overheid als de wettige beschouwd moet worden, hoe men zich te gedragen heeft bij binnenlandse twisten, welke houding de burger past tegenover de godsdienst in het algemeen en tegenover een eventuele staatsgodsdienst in het bijzonder. Ook wordt het juiste gedrag van de vorst als eerste burger vastgesteld.

Weer vier jaar later verschijnt een van zijn meest persoonlijke en voor de Stevin-biograaf meest aantrekkelijke werken, de *Stercktenbouwing*, waardoor hij in niet mindere mate dan hij het door *Weeghconst* en *Waterwicht* in de fysica gedaan had in de ontwikkeling van de versterkingskunst ingrijpt. Hij blijkt over een solide kennis van de omvangrijke Italiaanse literatuur over dit actuele onderwerp te beschikken en levert daarop voortbouwend een geheel eigen bijdrage door een systematische behandeling van wat later in de geschiedenis der vestingbouwkunde de oud-Nederlandse fortificatiemanier zou heten en waaraan zijn naam vóór iedere andere verbonden behoort te worden.

Wanneer men zijn denkbeelden op dit gebied wil leren kennen is het niet bepaald nodig dat men al met het vak op de hoogte is. Hij toont zich een zo uitmuntend didacticus dat zijn boek niet alleen als wetenschappelijke bijdrage tot de versterkingskunst maar ook als uitmuntend leerboek daarvan beschouwd kan worden. Na de te gebruiken termen zorgvuldig te hebben gedefinieerd ontwikkelt hij een gedetailleerde theorie van een zeshoekige gebastionneerde sterkte; verder behandelt hij de algemene beginselen die aan de vestingbouw ten grondslag liggen en bepaalt zijn standpunt in zeventien kwesties waarover tussen deskundigen verschil van mening bestond. Dat gebeurt op een uiterst levendige en persoonlijke wijze en ook al staat men aanvankelijk wat vreemd tegenover de aan de orde gestelde problemen, zo voelt men zich al spoedig geïnteresseerd in vestingbouwkundige vragen waarvan men het bestaan helemaal niet vermoed zou hebben. Natuurlijk verzuimt Stevin ook in dit werk niet te ijveren tegen vreemde vaktermen als

'bastion', 'contrescarp', 'flanckeren' en 'zapperen' en daarvoor Nederlandse als bolwerk, 'cabeschoeisel', strijken en (bedekt) graven aan te bevelen.

In een later werk, *Nieuwe maniere van Sterctebou door Spilsluizen*, wordt uiteengezet hoe men in de versterkingskunst voordeel kan trekken van de kort geleden uitgevonden spilsluis. Dit werk is echter meer van waterbouwkundige dan van vestingbouwkundige aard, al worden er ook voor verscheidene Nederlandse vestingen plannen van versterking in ontwikkeld. Het is voorzover bekend de oudste systematische verhandeling over sluizen, hun aanleg en de verschillende doeleinden waarvoor zij kunnen dienen en het brengt ons dus op het gebied van de techniek waarop Stevin zich zijn leven lang bewogen heeft maar waarover hij uit de aard der zaak weinig heeft te boek gesteld; wat hij er wel over geschreven heeft is eerst na zijn dood gepubliceerd. Zijn technisch werk betreft vooral de watermolen (waaronder een windmolen te verstaan is die dient om water uit te malen). In het *Wisconstich Filosofisch Bedrijf* van zijn zoon Hendrik komen verhandelingen van zijn hand voor over verbeteringen aan te brengen in het gaande werk van een molen, terwijl een eerst in 1884 bekend geworden werk *Van de Molens* de oudst bekende kwantitatieve theorie van de werking ervan op grond van de in de *Weeghconst* ontwikkelde methoden bevat.

Wie over Stevins technische vondsten hoort spreken denkt onwillekeurig het allereerst aan de befaamde zeilwagen die hij voor prins Maurits construeerde en waarmee deze volgens berichten van tijdgenoten in twee uur tijds van Scheveningen naar Petten zou zijn gereden. De speling van het lot heeft gewild dat Stevins reputatie bij het nageslacht lange tijd uitsluitend op de vervaardiging van dit voertuig heeft berust terwijl het toch in zijn werk als technicus slechts een ondergeschikte en in zijn levenswerk als geheel een te verwaarlozen plaats inneemt. In geen van zijn werken wordt er zelfs maar op gezinspeeld en wat wij ervan weten berust alleen op mededelingen en afbeeldingen van tijdgenoten, die over het algemeen wel heel duidelijk het kenmerk van overdrijving dragen.

In de jaren na de publikatie van *Stercktenbouwing* wordt Stevins produktie hoe langer hoe meer bepaald door het onderwijs dat hij aan Maurits te geven had. Dat wil zeggen dat de keuze van de onderwerpen en de wijze van behandeling meer van didactische dan van zuiver wetenschappelijke overwegingen gaan afhangen. Hij stelt ten behoeve van de Prins uitvoerige leerboeken over wiskunde, mechanica, astronomie, zeevaartkunde en boekhouden samen, die nog wel talrijke eigen bijdragen tot de ontwikkeling van deze vakken bevatten, maar waarvan de inhoud toch lang niet in die mate als zijn persoonlijk geestelijk eigendom beschouwd mag worden als dit bij werken als *Weeghconst* en *Waterwicht* het geval was geweest. Al deze uiterst heldere en voor de kennis van de wetenschappelijke situatie rond de overgang van de zestiende naar de zeventiende eeuw natuurlijk onschatbare werken zijn in 1608 verenigd

in de kolossale foliant van de *Wisconstighe Ghedachtenissen*, waarvan tegelijkertijd een volledige Latijnse bewerking verscheen, de *Hypomnemata mathematica* en een partiële Franse, de *Mémoires mathématiques*.

De *Wisconstighe Ghedachtenissen* zijn niet alleen van belang voor de wetenschapsgeschiedenis en de Stevin-biografiek, maar ook om wat zij ons over de persoon van Maurits leren. Stevin vertelt zo nu en dan welke onderwerpen de bijzondere belangstelling van 'Sijne Vorstelicke Ghenade' hadden, aan welke van twee verschillende behandelingswijzen hij de voorkeur gaf, deelt vragen en tegenwerpingen van hem mee en een enkele maal ook een door hemzelf gegeven oplossing van een vraagstuk. Men krijgt de indruk dat het twee verwante geesten zijn geweest. Typerend is in dit opzicht wat Stevin zegt over de aanleiding ook een leerboek der perspectief in de verzameling op te nemen. Toen Maurits namelijk behoefte had gevoeld zich in de 'Verschaeuwing' (aldus Stevins term voor het vak) te bekwamen had hij zich eerst laten onderrichten door de 'bequaemste meesters in schilderie die der te becommen waren'. Wat zij hem te vertellen hadden bevredigde hem echter niet in het minst; hij merkte namelijk dat bij hen 'de vercorting der linien en verandering der houcken uyter oogh of by der gisse toeginck', terwijl hij, een epistemische geest,* het wilde doen 'met kennis der oirsaken en sijn wisconstich bewijs'. Men begrijpt de situatie: de schilders konden wel heel juist perspectivisch tekenen, maar zij konden alleen het hoe laten zien en waren niet in staat rekenschap te geven van het waarom. Maurits interesseerde zich nu echter juist voor het laatste. Die wens is door Stevin bevredigd door het werk *Van de Verschaeuwing*, dat hem een plaats bezorgd heeft in de geschiedenis der beschrijvende meetkunde. Ook bij andere gelegenheden toont Maurits zich onvoldaan als hij ergens een methode aantreft waarbij 'den gront uyt welcke de wercking ghetrocken was' niet wordt opgegeven.

Van het persoonlijk contact tussen de Prins en zijn leermeester krijgt men een allerlevendigste indruk door de drie kostelijke *Tsaemspraken* die aan het in de *Wisconstighe Ghedachtenissen* opgenomen werk *Vorstelicke Bouckhouding* voorafgaan en waarin zij samen over 'Bouckhoudersche' kwesties redeneren. Het lijkt niet te gewaagd aan deze dialogen de betekenis van historische documenten toe te kennen; het zijn natuurlijk geen stenografisch vastgelegde verslagen van naar plaats en tijd bepaalbare gesprekken, maar het feit dat zij in een onder de auspiciën van de Prins verschenen en met zijn naam onverbrekelijk verbonden werk wereldkundig konden worden gemaakt, waarborgt hun intrinsieke betrouwbaarheid.

De gesprekken lopen voornamelijk over 'Coopmansbouckhouding op de Italiaensche wijse'. Stevin overtuigt Maurits van de wenselijkheid en mogelijkheid de financiële administratie die hij als vorst en veldheer te voeren had in te richten volgens deze in de handel reeds lang gebruikelijke methode, schrijft dan een leerboek van de koopmansboekhouding en geeft vervolgens richtlijnen voor een reorganisatie van de domeinadministratie, de 'dispense' (of

vorstelijke huishouding) en de ‘extra-ordinaire finance’ (financiering van de oorlogvoering) aan. Later heeft hij voor de domeinadministratie nog een ander stelsel ingevoerd, dat als ‘Verrechting met de Contrerolle’ in zijn postuum werk *Burgherlicke Stoffen* voorkomt.

Een ander in de *Wisconstighe Ghedachtenissen* behandeld onderwerp waarvan de keuze door de wensen van de Prins bepaald is wordt gevormd door de zeevaartkunde, waarin hij in zijn kwaliteit van ‘Admirael-Generael van der Zee’ in het bijzonder belang stelde. Stevin wijdt er de drie boeken van het *Zeeschrift* aan, die opvolgend *Van de Zeylstreken, Van de Havenvinding* en *Van de Spiegeling der Ebbenvloet* getiteld zijn. Hiervan is het eerste een leerboek van wat wij tegenwoordig koers- en verheidsrekening noemen en wat destijds als theorie van het loxodromische varen bekend stond. Sedert de Portugese wiskundige Nuñez erop gewezen had dat een schip dat een tijdlang met constante koers vaart zich met uitzondering van het ene geval dat deze koers juist noord of juist zuid is niet langs de kortste weg van het beginpunt van zijn baan naar het eindpunt beweegt (namelijk de grote cirkel tussen beide), maar langs een andere kromme die Snellius loxodroom en Stevin ‘kromstreeck’ zou gaan noemen, had zich een wiskundige theorie ontwikkeld die de plaatsen van begin- en eindpunt, de afgelegde afstand en de gevolgde koers met elkaar in verband bracht. Stevin leert in zijn werk de hierbij optredende problemen zowel wiskundig, namelijk de door berekening met behulp van tafels, als ‘tuychwerckelick’, namelijk door de aflezing op een globe waarover modellen van kromstreken verschoven kunnen worden, oplossen. In de *Havenvinding*, een verkorte weergave van een reeds in 1599 gepubliceerd werkje van die naam, dat in hetzelfde jaar ook in een Latijnse vertaling van de hand van Grotius het licht had gezien, wordt een bijdrage geleverd tot het in verband met de grote ontdekkingsreizen meer dan ooit om oplossing roepende probleem van de plaatsbepaling op zee. Om te ontkomen aan de grote moeilijkheid die aan de bepaling van de lengte verbonden was stelt Stevin voor als tweede coördinaat naast de breedte de variatie van de kompasnaald, dat wil zeggen de hoek tussen geografische en magnetische meridiaan, te gebruiken. Het werkje over eb en vloed bevat een behandeling van de zogenaamde evenwichtstheorie van de getijden, waarin de invloed van de maan op juiste wijze in rekening wordt gebracht; ten behoeve van prins Maurits illustreert Stevin zijn wiskundige behandeling met behulp van een ‘ebbenvloet-tuych’, een over een globe verschuifbaar model van de ‘eysche form’, die de oceaan onder invloed van de onderstelde zuigingen van de maan en haar tegenpunt aanneemt.

De theorie der getijden zou evengoed als in het *Zeeschrift*, waarin zij voorkomt, behandeld hebben kunnen worden in het onderdeel van de *Wisconstighe Ghedachtenissen* dat onder de titel *Hemelloop* aan de astronomie gewijd is. Ook dit is een zeer merkwaardige verhandeling, waaraan in de geschiedenis der astronomie niet de aandacht pleegt te worden geschonken die zij verdient.

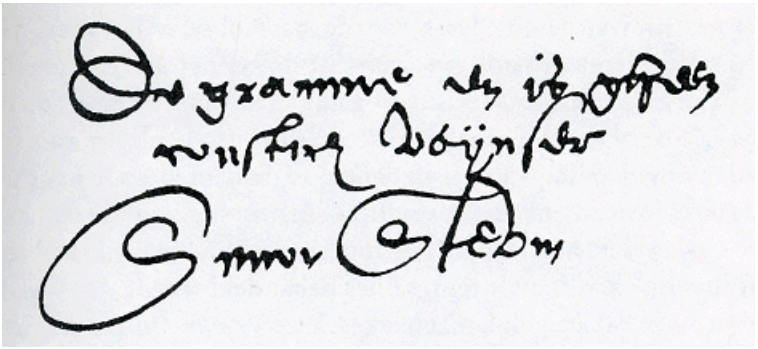
De historische betekenis van dit werk wordt eerst duidelijk wanneer men de inhoud ervan in verband brengt met het jaartal van de verschijning. Het levert namelijk een vurig pleidooi voor het wereldstelsel van Copernicus op een tijdstip waarop nog geen van de leidende astronomen van de tijd zich openlijk ten gunste daarvan had uitgesproken. Het zou nog een jaar moeten duren voordat Kepler dat in zijn *Astronomia nova* doen zou en eerst in datzelfde jaar zou Galilei door zijn ontdekkingen met de kijker zozeer in zijn overtuiging van de juistheid van de nieuwe theorie versterkt worden dat hij haar openlijk zou durven verdedigen. Hoewel dus Stevin door zijn *Hemelloop* geen bijdrage tot de ontwikkeling der astronomie als wetenschap levert, heeft hij haar door dit werk ongetwijfeld bevorderd. Men heeft in dit werk opnieuw gelegenheid zijn didactische gaven te bewonderen. Wie zich in wil leven in de wijze waarop de overgang van het geocentrische tot het heliocentrische wereldstelsel tot stand is gekomen kan als eerste inleiding met meer profijt Stevins *Hemelloop* raadplegen dan het werk *De revolutionibus orbium coelestium*, waarin Copernicus zelf het nieuwe wereldbeeld uiteenzet.

Dat Maurits door Stevin zo diep in wetenschappelijke problemen werd ingewijd en daarbij zo revolutionaire denkbeelden leerde kennen als door Copernicus verkondigd waren, blijkt destijds met verbazing, ja zelfs met bezorgdheid gezien te zijn. Wij vernemen van beide een weerklank in een uitlating van Stevin zelf: ‘Daer isser nu veel die niet en connen ghelooven dat deze oeffening van sijn Vorstelicke Ghenade int middel van een regiering diens mare (sonder stoffering gheseyt) ront om den Eertcloot loopt, geschien can sonder verachtering van dingen die anders beter gedaen souden worden.’

En de latere eerste rector van de Groningse universiteit, Ubbo Emmius, heeft zich na de verschijning van de *Wisconstighe Ghedachtenissen* in brieven hevig verontwaardigd en verontrust getoond over de goddeloze denkbeelden die daarin verkondigd werden en waardoor hij de goede naam van de Prins bevlekt ziet.

Na de *Wisconstighe Ghedachtenissen* heeft Stevin nog slechts eenmaal iets gepubliceerd en wel in 1618, toen hij te zamen met de *Nieuwe Maniere van Sterctebou door Spilsluizen* waarover ik al gesproken heb zijn *Castrametatio* of *Legermeting* in het licht gaf. Dit boek behandelt evenals *Stercktenbouwing* een onderwerp uit de krijgswetenschap, namelijk de bouw en inrichting van een legerkamp zoals deze in de Staatse legers gebruikelijk waren. Er bestaat echter tussen beide geschriften een aanmerkelijk verschil: *Stercktenbouwing* dateert uit het begin van Stevins werkzaamheid in het leger van Maurits; het geeft meer een op theoretische gronden berustende norm voor het aanleggen van vestingen dan dat het als een samenvatting van de gevolgde praktijk beschouwd kan worden en deze norm blijkt in de praktijk lang niet altijd gevolgd te zijn. *Legermeting* echter verscheen tegen het einde van Stevins diensttijd; het is geen programma maar een verslag; het bevat grotendeels geen

richtlijnen voor de wenselijke inrichting van een legerkamp (al ontbreken deze niet), maar beschrijft tot in details de regeling zoals deze in de loop der jaren gegroeid was.



Autogram van Stevin
De gramme en is gheen constich veijnser

Het is geheel in overeenstemming met wat we van elders over de zin voor methode en symmetrie en het streven naar orde en tucht van Maurits weten dat hij aan de oplossing van het telkens weer terugkerend probleem hoe het leger bij aankomst op de plaats waar het een kamp zou betrekken zo snel, zo ordelijk en zo veilig mogelijk onder dak kon worden gebracht, de uiterste zorg heeft gewijd. Hierdoor werd een nieuw terrein van samenwerking met Stevin geopend en wat zij op dit terrein gezamenlijk tot stand hebben gebracht is van dien aard geweest dat het tot ver buiten de landsgrenzen bewondering heeft opgewekt en tot navolging heeft geprikkeld. Het is niet Stevins gewoonte zichzelf op te hemelen; wanneer hij echter in de opdracht van de *Legermeting* aan de Staten-Generaal zijn vrijmoedigheid om de praktijk van de kamporga-nisatie van Maurits te boek te stellen motiveert met de opmerking ‘dat op voorleden jaren de grontteeckeningen der Veltlogieringen van de Leghers Uwer Hoochmogentheden bhegeert zijn geweest niet alleen bij leeghe personen, maar ooc bij groote Vorsten in verre landen’, dan klinkt daarin toch wel een ongetwijfeld gerechtvaardigde trots door op een werk waarin hij zelf een belangrijk aandeel zal hebben gehad.

De voltooiing van de opsomming van de door Stevin gepubliceerde werken beduidt nog allerminst dat er nu ook reeds volledigheid is bereikt in het overzicht van de onderwerpen die hij behandeld heeft. In het jaar 1649 verscheen dankzij de goede zorgen van zijn zoon Hendrik, die de nagelaten papieren van zijn vader, waarmee de weduwe Stevin maar wat zorgeloos omgesprongen schijnt te hebben, met grote piëteit weer verzameld had, het reeds eerder vermelde *Materiae politicae* of *Burgherlicke Stoffen*, dat nog verscheidene verhandelingen van Stevins hand bevat. Deze bevatten ten dele aanvullingen van reeds elders behandelde onderwerpen; geheel nieuw zijn

echter de geschriften over bouwkunde waarin plannen voor de rationele bouw van steden en huizen ontwikkeld worden, terwijl er anderzijds tal van beschouwingen over technische aangelegenheden der burgerlijke bouwkunde in voorkomen die waarschijnlijk belangrijk materiaal voor een naar het schijnt nog niet geschreven geschiedenis van de huizenbouw bevatten. De *Burgherlicke Stoffen* leren ons ook overigens Stevin kennen als een onvermoeibare organisator en plannenmaker, zo mogelijk in de praktijk en als dit niet kon op papier. Zo ontwerpt hij een decimale indeling van het leger, roosters voor regelmatige omwisseling van garnizoenen, reglementen voor het exerceren, een universeel instrument, de 'spabylhou', instructies voor gezanten die aan Maurits verslag van hun zendingen moesten uitbrengen, terwijl zelfs een volkenrechtelijke kwestie als represailles behandeld wordt.

Ten slotte is in 1884 tegelijk met het geschrift *Van de Molens* een *Spiegeling der Singconst* verschenen, die een bijdrage van Stevins hand tot de aritmetische muziektheorie bevat. Hij geeft daarin de eerst ca. 1700 ingevoerde verdeling van het octaaf in twaalf gelijke intervallen aan, die wij nog steeds onder de naam van normale halftoonstemming of gelijkzwevende temperatuur gebruiken. Hij beschouwt haar echter niet als een compromis in de moeilijkheden die de stemming in zuivere intervallen bij toetseninstrumenten onvermijdelijk doet rijzen, maar als een uitdrukking van de muzikale realiteit.

En dan zijn er nog lijsten van titels van verhandelingen die bestemd waren voor de *Wisconstighe Ghedachtenissen* maar die daarin niet voorkomen. Wij weten niet of ze verloren gegaan dan wel nooit geschreven zijn. Hieronder komen voor een *Nederduytsche Retorica, dat is Redenconst, anders geseyt Welsprekenheyt*, een *Nederduytsche Dichtconst*, een *Verhael van Letterconstighe Geschillen* waarin hij zijn mening had willen zeggen of gezegd heeft over de spelling (die hij ongetwijfeld heeft willen vereenvoudigen), over het geslacht der namen, over 'buyging' en 'vervouging'.

Aan het eind gekomen van het vrij volledige maar natuurlijk wel erg oppervlakkige overzicht van Stevins werk dat ik u beloofde wil ik de verkregen indrukken kort trachten samen te vatten. Wij zien dan in Stevin een man die zonder te behoren tot de grote genieën waarmee een nieuwe fase in de cultuur begint, om zijn prestaties op het gebied van wis- en natuurkunde een eervolle plaats in de geschiedenis van het wetenschappelijk denken inneemt. Wij kunnen hem voorts beschouwen als het prototype van de volmaakte moderne ingenieur, van de man die de problemen waarvoor de praktijk hem stelt op breed-wetenschappelijke wijze aanpakt en oplost. Door zijn relatie tot Maurits en zijn werkzaamheid in het Staatse leger is hij een belangrijke figuur uit een beslissend tijdperk van onze vaderlandse geschiedenis. Door zijn zeer krachtige bemoeiingen ten bate van een zuiver taalgebruik behoort hij tot de grondleggers van het hedendaagse Nederlands.

Een figuur als deze kan niet zonder 'groote verachtering en versuym' blijven voortleven in het historisch halfduister waarin zijn twee vaderlanden hem tot

dusver gelaten hebben. Dit beseffend heeft de afdeling Natuurkunde van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen een commissie ingesteld waaraan is opgedragen een moderne editie van Stevins belangrijkste werken tot stand te brengen. Deze commissie heeft een plan voor zulk een uitgave ontworpen en de nodige bevoegde medewerkers bereid gevonden elk een deel daarvan te verzorgen. Het bleek toen echter dat de financiële capaciteiten van haar opdrachtgeefster niet opgewassen waren tegen de zeer hoge kosten die in deze tijd aan de verwezenlijking van het opgestelde plan verbonden zijn. De commissie heeft daarop haar plan in zoverre gewijzigd dat voorlopig slechts één deel, bevattend *Weeghconst* en *Waterwicht*, het licht zal zien. Zelfs hiervoor bleken de vereiste middelen niet aanwezig te zijn. De commissie heeft zich daarna voorgenomen om wat niet meer op grond van onze rijkdom blijkt te kunnen gebeuren, tot stand te brengen ondanks onze armoede. Zij heeft de bedelstaf ter hand genomen en de bedelzak omgehangen en stelt er nu een eer in bij cultuurbevorderende genootschappen en fondsen eerst, en straks als het nodig blijkt ook bij particulieren van wie verwacht kan worden dat de geschiedenis van de wetenschap, van de techniek en van onze vaderlandse beschaving hun ter harte gaat, aan te kloppen om financiële steun.

Zij beschouwt het als een simpele plicht voor Stevin niet minder te doen dan voor andere grote figuren uit de Nederlandse wetenschapsgeschiedenis, voor Christiaan Huygens, Isaac Beeckman en Antoni van Leeuwenhoek, gedaan is of wordt, hem te eren door het enige gedenkteken waarmee men een wetenschappelijke figuur uitsluitend eer bewijzen kan, een van vertalingen, inleidingen en toelichtingen voorziene herdruk van zijn werken, die hem ook in het buitenland de bekendheid zal kunnen geven waarop hij recht heeft. Ik wil deze voordracht besluiten met u op te wekken wanneer het ook maar enigszins in uw vermogen ligt dit streven te bevorderen en aan de Stevin-commissie uw medewerking, steun en raad niet te onthouden.

Eindnoten:

1 E.J. Dijksterhuis, *Simon Stevin* ('s-Gravenhage, 1943) 332.
2 *Ibid.*, 335.
3 *Ibid.*, 337-338.
4 *Ibid.*, 341.
5 Een verheugend teken van een veranderende instelling leek in 1939 de heruitgave te zijn van Stevins *Het Burgherlick Leven* (een boekje over politieke zaken dat oorspronkelijk in 1590 verschenen was) door de stichting 'Onze Oude Letteren', die zich ten doel stelde kritische tekstuitgaven op de markt te brengen van de 'belangrijkste voortbrengselen der Nederlandse taal- en letterkunde van vroegere tijden'. Dijksterhuis besprak deze uitgave in *De Gids* en constateerde spijtig dat men van Stevin het verkeerde werk had uitgekozen: beter dan het onaantrekkelijke *Het Burgherlick Leven* had men van Stevin de *Weeghconst* kunnen nemen, want in dat boek komt Stevin als taalschepper beter naar voren dan in welk ander werk ook. E.J. Dijksterhuis, 'Getemperde voldoening', in: *De Gids* 104 (1940) III, 52-57.
6 A. Romein, 'Simon Stevin, 1548-1620', in: J. en A. Romein, *Erflaters van onze beschaving* (4 dln., Amsterdam, 1938-1940) I, 245-283. Over dit portret: K. van Berkel, 'Annie Romein, Simon Stevin en de wetenschapsgeschiedenis', in: H.M. Beliën, ed., *Vijftig jaar Erflaters. Een terugblik op* De erflaters van onze beschaving van *Jan en Annie Romein* ('s-Gravenhage, 1990) 43-57. Daar ook meer informatie over de bijdrage die Dijksterhuis geleverd heeft aan de herwaardering van Stevin.

7 Recente literatuur over Stevin heeft niet veel nieuwe inzichten opgeleverd. Dat Stevin werkelijk naar Danzig is geweest, is aangetoond door B. Woelderink, ‘Het bezoek van Simon Stevin aan Danzig in 1591’, in: *Tijdschrift voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* 3 (1980) 178-186. Een kritische bespreking van Stevins muziektheorie geeft H.F. Cohen, *Quantifying music. The science of music at the first stage of the Scientific Revolution* (Dordrecht, 1984).

* *Simon Stevin*: Voordracht, gehouden op de jaarvergadering van de Maatschappij der Nederlandse Letterkunde te Leiden op 20 juni 1951.

* ‘Roger’: Dijksterhuis verwijst hier naar de Engelse scholasticus en experimenteel natuuronderzoeker Roger Bacon (c. 1210-c. 1292), die zich bezig heeft gehouden met optica, meteorologie en alchemie en die belangwekkende methodische standpunten naar voren heeft gebracht. De andere Bacon is Francis Bacon (1561-1621), Engels staatsman, filosoof en schrijver, bekend om zijn pleidooi voor inductieve wetenschap en wetenschappelijke samenwerking.

* ‘epistemische geest’: Onder een ‘epistemische’ methode verstaat Dijksterhuis in de wiskunde een methode die niet alleen technische vaardigheden aankweekt, maar ook inzicht in de gronden waarop die vaardigheden berusten. Naar zijn mening werd in het gangbare wiskunde-onderwijs nog te veel nadruk gelegd op het ‘hoe’ en niet op het ‘waarom’, wat onder andere tot gevolg had dat de culturele betekenis van de wiskunde te weinig werd onderkend. Zie bijvoorbeeld: E.J. Dijksterhuis, ‘Epistemisch wiskunde-onderwijs’, in: *Euclides* 10 (1933-1934) 165-213.

Wetenschapsgeschiedenis als brug tussen twee culturen

Clio's stiefkind

Hoewel Dijksterhuis al voor de oorlog voortdurend gewezen had op het belang van de bestudering van de geschiedenis van de natuurwetenschap en had geijverd voor de erkenning van de wetenschapsgeschiedenis als volwaardige historische discipline, kwam de algemene erkenning van de betekenis van het vak in Nederland pas na de oorlog. Ging men voor 1940 nog niet verder dan het toelaten van hier en daar een privaatdocent, na de oorlog werd het onderwijs in de wetenschapsgeschiedenis ook opgedragen aan hoogleraren. R. Hooykaas was in 1946 de eerste die een dergelijke leeropdracht kreeg (later enige tijd aangevuld met mineralogie), R.J. Forbes doceerde vanaf 1947 aan de Gemeentelijke Universiteit in Amsterdam de geschiedenis van de techniek en Dijksterhuis was in 1953 de eerste Utrechtse hoogleraar die zijn volle aandacht aan de geschiedenis van de exacte wetenschappen kon geven. Voorlopig bleef het daarbij.

In het buitenland was de ontwikkeling veel sneller en veel verder gegaan. Ook in Amerika waren voor de Tweede Wereldoorlog enkele pleitbezorgers van de wetenschapsgeschiedenis actief geweest zonder nog veel resultaat te bereiken. De naar Amerika geëmigreerde Belgische wetenschapshistoricus George Sarton, de oprichter van het inmiddels meest vooraanstaande wetenschapshistorische tijdschrift *Isis*, was in organisatorisch en publicistisch opzicht onvermoeibaar bezig, maar erkenning in academische kringen of bij het grote publiek was er nauwelijks. Na de oorlog werd dit snel anders. De oorlog had duidelijk gemaakt in welke mate het voortbestaan van een democratische wereld afhankelijk was van de natuurwetenschap, die tegelijkertijd - men denke aan de atoombommen op Hiroshima en Nagasaki - een geweldige bedreiging voor de beschaving vormde. Plotseling werd het nu velen duidelijk dat kennis van en enige vertrouwdheid met de natuurwetenschap een essentieel onderdeel vormden van een moderne intellectuele en maatschappelijke vorming en allerwege werd daarom het onderwijsprogramma in *high schools* en *colleges* aangepast.

Een van de interessantste experimenten voerde men uit in Harvard. De *president* van Harvard, de chemicus James Bryant Conant, nam het initiatief tot het opzetten van een reeks colleges waarin studenten die geen opleiding in een der natuurwetenschappen volgden door behandeling van enige capita selecta uit de geschiedenis van de natuurwetenschap inzicht zouden moeten krijgen in wat hij noemde ‘the tactics and strategies of science’. Overzichtscolleges van de geschiedenis van de natuurwetenschap waren naar zijn smaak minder geschikt, aangezien deze neerkwamen op het overdragen van kennis meer dan op het aankweken van inzicht. Conant zette zijn colleges dan ook op zonder de hulp in te roepen van Sarton, die op dat moment ook in Harvard doceerde. Liever trok hij eigen medewerkers aan, zoals de later zo bekend geworden Thomas S. Kuhn. Het links laten liggen van Sarton geeft wel aan dat de opbloei van de

wetenschapsgeschiedenis na de oorlog weinig te maken heeft met het ijveren van de pioniers op dat terrein voor de oorlog. Het waren de gewijzigde maatschappelijke omstandigheden waardoor de wetenschapsgeschiedenis plotseling de wind in de zeilen kreeg.[1]

Dat de groei van de wetenschapsgeschiedenis in Amerika veel verder was gegaan dan in Nederland merkte Dijksterhuis toen hij in 1956 voor congresbezoek enige tijd in de Verenigde Staten doorbracht. Na terugkeer deed hij in het nog steeds door hem geredigeerde maandblad *De Gids* verslag van zijn Amerikaanse indrukken en hij ging daarbij speciaal in op de prominente positie die de wetenschapsgeschiedenis zich in Amerika had verworven. Eén van de redenen voor die in vergelijking met Nederland zoveel betere situatie zag Dijksterhuis in het ontbreken van rigide scheidslijnen tussen de verschillende wetenschappen.

> In de vs (wordt) de indeling van de wetenschappen in verschillende scherp gescheiden groepen niet zo belangrijk gevonden als bij ons. In het bijzonder lijdt men er niet onder de hier zo nadrukkelijk gecultiveerde α-β-tegenstelling, die ons universitaire leven hoe langer hoe meer in twee door een onoverbrugbare kloof gescheiden gebieden uiteen dreigt te splijten.[2]

Anders dan in Nederland werd het in de Verenigde Staten niet vreemd gevonden als een historicus zich met de geschiedenis van de natuurwetenschappen bezighield of een fysicus met de geschiedenis van zijn vak bezig was.

Hoewel de reserve tegenover de geschiedenis van de natuurwetenschap in Nederland zowel bestond bij de beoefenaars van de natuurwetenschappen als bij de historici en letterkundigen, meende Dijksterhuis dat het onbegrip het grootst was bij de laatsten. Zelfs bij een historicus die er eerder blijk van had gegeven een open oog te hebben voor de betekenis van de wetenschapsgeschiedenis, Jan Romein, merkte Dijksterhuis op een gegeven moment nog dat het hem aan elementair inzicht in dat wetenschapsgebied ontbrak. In een boek dat een overzicht wilde geven van de geestelijke produktie van Nederland in het interbellum had Romein de door hem gepropageerde wetenschapsgeschiedenis een nog braakliggend arbeidsveld genoemd, wat Dijksterhuis een vinnig commentaar in *De Gids* ontlokte waarin hij wees op het vele dat in de tijd voor de oorlog al gedaan was, zoals de uitgave van de *Oeuvres complètes* van Huygens en het *Journaal* van Isaac Beeckman (althans het eerste deel); zijn eigen bijdragen noemde hij niet eens.[3] In een reactie poogde Romein zich wel te verdedigen door te wijzen op het vele dat nog *niet* gedaan was (hij noemde een hele reeks nog ontbrekende biografieën), maar daarmee kon hij, bij Dijksterhuis althans, de indruk niet wegnemen dat hij niet werkelijk op de hoogte was met datgene wat al op wetenschapshistorisch terrein gepresteerd was. En als dat bij iemand als Romein het geval was, iemand die tenminste verklaarde het belang van de wetenschapsgeschiedenis ook voor de algemene historicus groot te achten, hoe was het dan wel niet gesteld met de andere historici?

Er was dus volop reden voor Dijksterhuis om in de slotrede van het Filologencongres dat in 1952 in Utrecht werd gehouden de verzamelde historici en letterkundigen nog eens het belang van de beoefening van de wetenschapsgeschiedenis duidelijk te maken.[4]

Clio's stiefkind

Aan het slot van het grote artikel over Busken Huet als geschiedschrijver waarmee de jaargang 1952 van *De Gids* geopend wordt[1], verzekert Geyl ons dat de muze der geschiedenis een ruim hart heeft, dat zij zelfs offeranden van wilde gasten die zich heel hun leven om haar wetten niet bekommerd hebben dankbaar aanvaardt en dat zij alleen haar dienaren opdraagt zorgvuldig te keuren wat zich onder haar bescherming wil stellen.

In deze woorden wordt nog eens gewezen op een wel zeer opmerkelijke en aantrekkelijke eigenschap waardoor de geschiedenis zich van de overgrote meerderheid der andere wetenschappen onderscheidt: de bereidheid zich te laten dienen door onderzoekers die, al dan niet op ander gebied wetenschappelijk geschoold, tot haar als amateur genaderd zijn. Er zijn in onze tijd van sterk gespecialiseerde wetenschapsbeoefening niet veel vakken meer waarin deze mogelijkheid nog aanwezig is.

Des te merkwaardiger mag het heten dat er sedert meer dan een halve eeuw een tak der historische wetenschap bestaat die door haar uit een andere groep van wetenschappen voortgekomen beoefenaren met toewijding, ja hartstocht gediend wordt, die naar hun vaste overtuiging niet alleen geroepen is in die groep zelf een belangrijke functie te vervullen maar ook voorbestemd een heilzame invloed daarbuiten uit te oefenen, maar die niettemin nog steeds op Clio's anders zo gul gegunde waardering moet wachten en daarom met recht als haar stiefkind betiteld mag worden. Ik heb het oog op de wetenschapsgeschiedenis en wel speciaal op de studie van de historische ontwikkeling van de wiskunde en de natuurwetenschappen, dus op wat de Fransen histoire des sciences en de Engelsen history of science plegen te noemen. Het zal meen ik nauwelijks nodig zijn het feit van haar geringe waardering uitvoerig te betogen; er wordt subjectief van getuigd door de vreemdheid van de klank die het woord wetenschapsgeschiedenis nog steeds in menig oor heeft, waarvoor termen als politieke, economische, militaire, maritieme geschiedenis, kunsten literatuurgeschiedenis, godsdienst- en kerkgeschiedenis, muziekgeschiedenis, geschiedenis van het recht en zelfs der historiografie niets ongewoons bezitten. En aan objectieve symptomen ontbreekt het evenmin. Ik noem er

1 *De Gids* 115 (1952) I, 13-28; 97-119; 171-196.

twee van recente datum: Romein zegt in het hoofdstuk ‘Geschiedenis’ van het in 1948 verschenen verzamelwerk *Geestelijk Nederland 1920-1940*[2]: ‘De geschiedenis der wetenschappen ten onzent is nog een braakliggend arbeidsveld.’ Opmerkzaam gemaakt op het vele werk dat in de beschouwde periode hier te lande op het gebied van de geschiedenis der exacte wetenschappen is verricht[3], heeft hij deze passage later nader toegelicht door mee te delen dat zij moest worden beschouwd als een aanmoediging en ondersteuning van hen die op het nog zo goed als braak liggend terrein der wetenschapsgeschiedenis pioniersarbeid verrichten[4], maar dat zal wel niemand erin gelezen hebben en zijn uitlating is dan ook door alle betrokkenen gevoeld als een miskenning van gepresteerde arbeid, die des te betreurenswaardiger geacht werd omdat zij gevloeid was uit de pen van een historicus die verscheidene malen blijk heeft gegeven de principiële onmisbaarheid van wetenschapsgeschiedenis als tak der algemene cultuurgeschiedenis terdege te beseffen. Een tweede voorbeeld, nu niet van miskenning, maar van een ongetwijfeld onopzettelijke, daardoor echter des te meer typerende veronachtzaming, ontleen ik aan de rede die op de monumentendag 1951 door Ter Kuile gehouden is; het is voor ons doel al niet minder treffend dan het eerste, omdat het de spreker er juist om te doen was tegenover de eenzijdigheid van de vroegere beperking van het begrip geschiedenis tot het politieke en militaire de volle omvang van het gebied te stellen waarover de hedendaagse historische belangstelling zich uitstrekt. ‘Geschiedenis,’ aldus zijn woorden, ‘betekent niet alleen een visie op het politieke verleden, maar evenzeer op het maatschappelijke, economische, technische, religieuze, filosofische, juridische, kunstzinnige, geologische, kosmische verleden.’ Geen woord dus over het verleden der exacte wetenschappen, dat juist in het verband waarin deze opsomming werd gegeven zulk een sprekend voorbeeld zou hebben kunnen opleveren.

Miskenning en veronachtzaming dus, zoals aan stiefkinderen althans in sprookjes te beurt pleegt te vallen. Maar, zult u misschien vragen, de wetenschapsgeschiedenis moge dan in Clio's eigen huis niet in tel zijn, des te meer aandacht en waardering ondervindt zij dan toch zeker in de huizen der wetenschappen zelf waarvan zij het verleden onderzoekt en beschrijft? En dit vormt toch zeker een troost in het leed dat de afwijzing daar waar zij zich zo graag thuis zou voelen, haar berokkent? Helaas, ook deze troost is haar niet gegund. Zij wordt er op zijn best geduld en wie zich aan haar wijdt laadt gemakkelijk de verdenking op zich dat hij zich moedwillig onttrekt aan zijn eigenlijke taak, de zij het ook nog zo bescheiden medewerking aan de bevordering der actuele wetenschap.

2 Dr K.F. Proost en Prof. Dr Jan Romein, *Geestelijk Nederland, 1920-1940*. 2 dln (Amsterdam z.j) II, 32.
3 *De Gids* 112 (1949), II, 229-230.
4 *De Gids* 112 (1949), III, 59-60.

Voordat wij tot een nadere beschouwing van de hiermee naar ik meen naar waarheid geschilderde positie van de geschiedenis der exacte wetenschappen overgaan, is het van belang de vraag te stellen of het aangetoonde tekort aan waardering een specifiek Nederlands dan wel een internationaal verschijnsel is. Deze vraag laat een zeer beslist antwoord toe. Voor enkele jaren heeft de Académie Internationale d'Histoire des Sciences een enquête laten instellen naar de plaats die de wetenschapsgeschiedenis in het hoger onderwijs over de gehele wereld inneemt.[5] Daarbij is aan het licht gekomen dat de toestand met betrekkelijk geringe kwantitatieve verschillen eigenlijk overal dezelfde is. Systematisch hoger onderwijs in geschiedenis der exacte wetenschappen wordt slechts aan een zeer beperkt aantal universiteiten gegeven, waarbij mag worden opgemerkt dat ons land met zijn twee historische leerstoelen voor natuurwetenschap en techniek aan de twee Amsterdamse universiteiten lang niet op de laatste plaats komt. Over het algemeen is de voorziening in universitair wetenschapshistorisch onderwijs niet meer dan incidenteel, namelijk gebonden aan toevallige aanwezigheid van geschikte krachten en slechts hoogst zelden maakt dit onderwijs een integrerend bestanddeel uit, hetzij van de historische, hetzij van de mathematische en natuurwetenschappelijke vakopleiding.

Een zo opvallende internationale overeenstemming in het uit de feiten sprekende universitaire oordeel over de aanspraken der wetenschapsgeschiedenis als exacte wetenschap èn als onderdeel der geschiedenis, maakt het haar beoefenaren tot plicht zich de vraag voor te leggen of die aanspraken dan ook eigenlijk wel gegrond zijn, of het zich verongelijkt voelende stiefkind wellicht ook terecht verstoten wordt, omdat het in wezen noch bij de geschiedwetenschap noch bij de wetenschappen die haar werkterrein vormen enig recht van inwoning kan doen gelden. Bij dit door kritische opmerkingen van tegenstanders bevorderd zelfonderzoek stoten zij al spoedig op een argument dat hen wel zeer tot terughoudendheid en bescheidenheid schijnt te vermanen; het bestaat hierin dat in verband met het collectieve en cumulatieve karakter dat alle wetenschapsbeoefening kenmerkt, de juist bevonden resultaten van iedere ontwikkelingsfase vanzelf in de latere fasen voortleven en wel in de vorm die aan de mede evoluerende eisen van exactheid in bewijs en doelmatigheid in uitdrukkingswijze is aangepast, en dat het daarom evenmin zin heeft zich in het licht der later verworven inzichten nog eens weer op vroeger bewandelde dwaalwegen te begeven als zich, in het bezit van betere uitdrukkingsmiddelen, nog eens weer van slechtere te gaan bedienen.

Ten onrechte, zo wordt de wetenschapsgeschiedenis voorgehouden, noemt u zichzelf met de geschiedenis van de beeldende kunst, de muziek of de

5 E.J. Dijksterhuis, ‘Enquête sur la place de l'histoire des sciences dans l'instruction supérieure’, in: *Archives internationales d'histoire des sciences*, No. 10 (Janvier 1940) 39-76. Brochure No. 3 de l'Union Internationale d'Histoire des Sciences.

literatuur in een adem. Voor de kunst geldt namelijk juist niet dat telkens wat in het produkt van een tijdvak waarde heeft vanzelf in geassimileerde vorm in de voortbrengselen van volgende tijdvakken voortleeft. De grote artistieke prestaties behouden hun waarde en worden door wat later komt niet overbodig gemaakt; tot hen terugkeren in de tijd beduidt niet een kunstmatig zich verplaatsen op een reeds lang overwonnen standpunt, maar steeds het opnieuw beleven van een esthetische waarde en vaak zelfs het putten van nieuwe inspiratie van een beschamend voorbeeld. Maar de wetenschapsgeschiedenis kent van dit alles niets. Shakespeare, Corneille en Racine hebben Sophocles en Euripides niet overbodig gemaakt, maar de uitvinding van de differentiaal- en integraalrekening heeft dit wel gedaan met de uit de Oudheid afkomstige methoden ter bepaling van oppervlakken, inhouden en zwaartepunten; en niemand kan er baat bij hebben die methoden nu toch weer te gaan toepassen. Op natuurwetenschappelijk terrein hebben telkens weer juistere inzichten minder juiste vervangen. Stoor toch het eenmaal verhelderde denken niet door de herinnering aan het duister waarin het eenmaal wandelde kunstmatig in stand te houden. Sedert wij weten hoe het komt dat een in de lucht losgelaten steen omlaag valt, dat het barometrisch verschijnsel een gevolg van de luchtdruk is en dat verbranding in een chemische binding met zuurstof bestaat, kan het generlei nut meer hebben ons voor te stellen dat de steen valt om zijn natuurlijke plaats in het middelpunt van de wereld te bereiken, dat de natuur een afschuw van het ledig heeft en dat bij het verbranden van een lichaam het daarin aanwezige flogiston ontwijkt.

Dit bij eerste beschouwing wellicht overtuigend aandoend argument blijkt bij nader onderzoek toch wel geheel op misverstand te berusten. Het zou alleen geldig zijn indien de wetenschapsgeschiedenis er aanspraak op maakte de actuele beoefenaar der wetenschap als zodanig bij zijn werk hulp te kunnen verlenen, wanneer zij meende dat de wetenschappelijke produktie van onze eigen tijd bevorderd zou kunnen worden door historische scholing der onderzoekers. Dat meent zij echter in het geheel niet en het is ook niet meer dan een populaire misvatting dat de beoefening van de geschiedenis van een wetenschap voor die wetenschap in haar huidige fase enig ander praktisch nut zou kunnen hebben dan dat zij, zoals de ervaring geleerd heeft, wel eens een enkele maal een inspirerende werking op aankomende onderzoekers uitoefent. De vooruitgang van wiskunde en natuurwetenschap wordt misschien al geremd door de natuurlijk onvermijdelijke omstandigheid dat ieder toekomstig baanbrekend geleerde opgevoed wordt in de denkwijze van een reeds ouder wordende generatie, waarmee hij tot op zekere hoogte zal moeten breken. Dat vereist altijd een zekere losscheuringsarbeid, die het best op jeugdige leeftijd en in revolutionaire stemming verricht kan worden en die men waarschijnlijk nodeloos zou verzwaren wanneer men jeugdige onderzoekers zich niet alleen in de wetenschap van vandaag en gisteren liet bekwamen, maar hen tevens dwong zich in die van nog oudere tijden te

verdiepen. De geschiedenis der exacte wetenschappen leert evenmin hoe men die wetenschappen vooruit moet brengen als de politieke geschiedenis de staatslieden van het heden in staat stelt de fouten van het verleden te vermijden.

Dat het tegen het bestaansrecht der wetenschapsgeschiedenis aangevoerde argument op een misverstand aangaande haar pretenties bleek te berusten, betekent natuurlijk nog in het geheel geen bijdrage tot het positieve pleidooi dat zij voor dat bestaansrecht te voeren heeft. Het verscherpt integendeel haar verplichting duidelijk te maken welke aanspraken op erkenning zij dan wèl kan laten gelden en het is dan ook de eerste taak van wie zich als haar pleitbezorger opwerpt, uiteen te zetten wat zij eigenlijk beoogt en aan te tonen dat die doelstelling ook waarde heeft. Die uiteenzetting valt vanzelf in twee delen uiteen; eerst zal getoond moeten worden welk motief een beoefenaar der exacte wetenschappen als zodanig ertoe kan drijven zich in de geschiedenis van zijn vak te verdiepen; daarna zal echter de veel verder strekkende vraag aan de orde moeten komen in hoeverre zijn werk een plaats binnen het geheel der historische wetenschappen verdient. Ik heb over het tweede punt aanzienlijk meer te zeggen dan over het eerste; ware dit niet het geval, ware de geschiedenis der exacte wetenschappen uitsluitend òf zelfs maar voornamelijk een interne aangelegenheid van deze wetenschappen zelf, ik zou mij wel gewacht hebben haar tot onderwerp van een in dit milieu uit te spreken rede te kiezen.

Blijven wij echter eerst nog even binnen de kring van wiskunde en natuurwetenschap zelf. Welk motief dan beweegt sommige van haar beoefenaren zich, ten koste van het contact met de levende wetenschap van hun eigen tijd, bezig te gaan houden met een verleden waarvan uitdrukkelijk erkend wordt dat het geen positieve vakwetenschappelijke waarde meer bezit?

Het antwoord is zo eenvoudig als men maar wensen kan: omdat in hen de algemene historische behoefte die de mens ertoe drijft zich niet zonder meer tot het heden te beperken maar zich ook in het verleden te verdiepen, in een verbijzonderde vorm tot uiting komt. Zij gevoelen zich, om met Huizinga te spreken, ‘gewenkt en getrokken door verleden werkelijkheid’,[6] en zij vinden deze in hun eigen vak. Zij kunnen het niet over zich verkrijgen de huidige situatie van hun wetenschap eenvoudig als een niet nader te onderzoeken gegeven te aanvaarden. Zij treffen er bepaalde probleemstellingen in aan die meer dan andere de bestudering waard worden geacht, een zeer bepaalde methodiek volgens welke die problemen worden aangepakt, een zeer bepaald instrumentarium van begrippen, termen, symbolen, redeneer- en rekenwijzen dat daarbij gebruikt wordt en zij voelen zich eenvoudig gegrepen door de begeerte te begrijpen hoe dit alles zo geworden is.

De historische behoefte waaruit de beoefening van de wetenschapsgeschiedenis voortkomt is dus wel op een zeer eigen manier uit zuiver vakweten-

6 J. Huizinga, *Tien studiën* (Haarlem 1926) Voorbericht.

schappelijke en zuiver historische wetensdrang gemengd. Men heeft wel eens de vraag gesteld of men de wetenschapshistoricus eigenlijk moest zien als een historicus die zijn object van onderzoek toevallig in de wiskunde en de natuurwetenschappen heeft gevonden maar die zich door andere nasporingen naar het verleden evengoed bevredigd zou gevoelen, dan wel als een mathematicus, fysicus, astronoom enzovoorts die deze wetenschappen meent te kunnen dienen door hun wordingsgeschiedenis te bestuderen. Maar die scheiding laat zich niet maken. Wie het historisch zintuig mist komt vanzelf niet tot de beoefening der geschiedenis, in welke vorm dan ook; en zonder levendige belangstelling in het mathematisch-fysisch denken van onze tijd zal hij zijn object van onderzoek niet spoedig kiezen in de wijze waarop dit denken tot zijn tegenwoordige vorm gegroeid is. Het zal hierdoor tevens duidelijk zijn geworden waarom de wetenschapsgeschiedenis in de regel zulk een sterk genetisch of evolutionistisch karakter draagt, waarom zij in zo overheersende mate ontwikkelings-, ja vooruitgangsgeschiedenis is. Zij ziet de huidige situatie der exacte wetenschappen als het voorlopige resultaat van een in de Oudheid begonnen avontuurlijke ontdekkingsreis die, nog steeds voortgezet, de mens naar alle waarschijnlijkheid tot steeds diepere inzichten en tot steeds meer omvattende kennis zal leiden. Ik stel dit genetisch karakter der wetenschapsgeschiedenis zoals zij in de regel beoefend wordt vast, zonder het methodisch bedenkelijke dat eraan eigen is te willen verbloemen. Er ligt natuurlijk iets kortzichtigs, ja zelfs iets aanmatigends in het verleden uitsluitend of zelfs maar voornamelijk op het heden te betrekken; dit verleidt ertoe het denken van vroegere generaties alleen belangrijk te vinden voorzover het het onze heeft helpen vormen en het dus slechts als voorbereiding en niet in zijn eigen wezen en waarde te beschouwen.

Intussen heeft zich echter naast de genetische opvatting van wetenschapsgeschiedenis een andere ontwikkeld, die men wegens haar analogie met een methode die aan de godsdienstwetenschap zo grote diensten bewijst als de fenomenologische zou kunnen betitelen. Zij bestaat hierin dat men zich zo goed mogelijk tracht in te leven in de geestelijke sfeer van het te bestuderen tijdvak, zich de dwang oplegt zich alleen maar op de destijds bekende feiten te beroepen, daarover in de toenmalige terminologie te spreken en zich in zijn berekeningen van de toenmalige rekentechniek te bedienen. Men schort daarbij het waardeoordeel dat men zou moeten vellen wanneer het erom ging de bestudeerde gedachten aan hedendaagse wetenschappelijke inzichten te toetsen, bewust op en men hoedt er zich in het bijzonder voor ze tegemoet te treden in die voor historische studie verderfelijke superioriteitshouding waarin men welwillend van naïviteit en onbeholpenheid spreekt en minachtend van domheid. Men herkent in deze opvatting de geesteshouding ten aanzien van het verleden waarin men in de godsdienstfenomenologie de zogenaamde primitieve religies bestudeert; evenals daar komt zij in de wetenschapsgeschiedenis niet alleen het onderzoek maar ook de persoonlijkheid van de

onderzoeker ten goede. Voor ieder die als docent in wis- en natuurkunde op wil treden heeft zij bovendien de onmiskenbare waarde dat zij predisponeert tot didactisch begrip; de wetenschappelijke dwalingen en misvattingen die fylogenetisch reeds lang overwonnen zijn plegen namelijk ontogenetisch bij iedere nieuwe generatie van beginnelingen opnieuw voor te komen en het is van groot belang dat de docent ze op grond van zijn historische scholing herkent en ze in zijn fenomenologische houding verstaat.

Hoe de fenomenologische methode in de geschiedenis der exacte wetenschappen toepassing vindt moge aan enkele eenvoudige voorbeelden worden toegelicht. Wanneer men zich bezighoudt met Babylonische of Egyptische wiskunde zal men zich beijveren zich het speciale cijferschrift en de speciale rekentechniek eigen te maken die daarin worden gebruikt en zichzelf verbieden de gehouden redeneringen en uitgevoerde berekeningen eenvoudig in hedendaagse vormen over te brengen om zo de juistheid der gevonden resultaten te controleren. Men zal dus ernst maken met de sexagesimale structuur van het Babylonische getallenstelsel; men zal als men een Egyptische berekening met breuken bestudeert er echt van doordrongen zijn dat er, met uitzondering van ⅔ en ⅓, geen andere breuken bestaan dan die waarvan de teller de eenheid is. In de Griekse wiskunde zal men onder getal niets anders dan natuurlijk getal verstaan en dus verhoudingen nooit als hetzij rationale hetzij irrationale getallen zien. In de Griekse astronomie zal men er heilig van overtuigd zijn dat hemellichamen geen andere dan eenparige cirkelbewegingen kunnen uitvoeren en dat dus, wanneer wij ze geheel anders geaarde banen op allerminst eenparige wijze zien beschrijven, er kennelijk sprake is van een schijn die gered moet worden door de waargenomen bewegingen te interpreteren als resultaat van de samenstelling van eenparige cirkelbewegingen. Wanneer men kennis wil nemen van de aristotelische en scholastieke fysica zal men zich eerst goed inleven in de algemene filosofische gedachtenwereld waarin zij thuishoort en die omgekeerd mede door haar in het leven is geroepen. Men zal zich dus de leer van substantie en accidens, van materie en vorm, van potentia en actus eigen maken, beweging leren begrijpen als *actus entis in potentia secundum quod in potentia est*, dat wil zeggen als vorm- of doelverwerkelijking van het potentieel zijnde, beschouwd in zijn potentie tot deze vorm of zijn geschiktheid tot dit doel; men zal zich door de beschouwing van de mogelijke combinaties van de fundamentele haptische actieve kwaliteiten overtuigen dat de stoffelijke wereld is opgebouwd uit vier elementen en de daaruit voortvloeiende consequenties aangaande de centrale positie van de onbeweeglijke aarde en de volstrekte tegenstelling waarin zij tot de hemel staat aanvaarden. Eerst wanneer men zo is voorbereid kan men met enige kans op succes de discussies van de geleerden der dertiende en veertiende eeuw over de structuur van de kosmos, de beweging van vallende en voortgeworpen lichamen, de al of niet mogelijkheid van een vacuüm, het tot stand komen van een chemische verbinding, de intensiteitsverandering van een kwaliteit gaan

volgen. Dankzij de toepassing van deze methode is het mogelijk geworden het historische vacuüm dat in oudere wetenschapshistorische werken de Griekse wetenschap van die der Renaissance scheidde op te vullen. Wat vroeger met het enkele woord ‘duistere Middeleeuwen’ werd afgedaan, heeft zich onthuld als een voor fenomenologisch onderzoek van de verschillende wijzen waarop de menselijke geest op de natuurverschijnselen kan reageren uiterst belangwekkende periode der wetenschapsgeschiedenis, waarbij tevens als een onverwachte winst een kostbare bijdrage tot de evolutionistisch gerichte studie van de geschiedenis der fysica aan het licht is gekomen. De beschouwingen over impetustheorie en intensiteitsverandering van kwaliteiten van de nominalistisch georiënteerde Oxfordse en Parijse scholen der veertiende eeuw blijken, mede door pogingen tot mathematische behandeling der bestudeerde verschijnselen, een merkwaardig stadium van voorbereiding tot de opbloei der natuurwetenschappen in de zestiende eeuw te vormen. Het behoort op het ogenblik tot de spannendste vragen der wetenschapsgeschiedenis of het gelukken zal in het werk dat in de vijftiende en zestiende eeuw aan de universiteit van Padua* verricht is de schakel te vinden die Bradwardine, Jean Buridan, Oresme, Albert van Saksen in een ononderbroken ontwikkelingsgang met Galilei zou hebben kunnen verbinden.

Overigens komen juist bij dit onderwerp de methodische gevaren die het evolutionisme in de wetenschapsgeschiedenis altijd bedreigen duidelijk tot uiting. In plaats van de alleszins gewettigde vraag te stellen of er een continue ontwikkeling geweest is, postuleert men haar aanwezigheid. Het streven overal zogenaamde voorlopers te ontdekken - op zichzelf een methodische zwakte van de wetenschapshistorici - heeft er in het bijzonder bij Oresme toe geleid dat zijn ware gestalte in het licht van latere inzichten door moderne trekken werd gedeformeerd. Zo zijn de grafische voorstellingen van intensiteitsveranderingen die men bij hem aantrof al te grif en zoals gebleken is ten onrechte met hedendaagse grafieken geïdentificeerd. De evolutionistische begeerte naar continuïteit blijkt zo telkens weer de breidel der fenomenologische bezinning te behoeven. Dit mag echter niet doen vergeten dat de wetenschapsgeschiedenis tenslotte uit die begeerte geboren is en dat zij in hogere mate dan de drang zich in het verleden in te leven, de drijvende kracht achter het historisch onderzoek vormt. Zij toont dat niet alleen aan de naar ons toegekeerde zijde van de scholastiek maar ook aan de van ons afgewende, waar zij drijft tot nauwkeurig onderzoek van de drie wegen, de Arabische, de Latijnse en de Byzantijnse, waarlangs de Griekse wetenschap in het Avondland is doorgedrongen.

Ik heb straks gezegd dat ik mij deze middag meer bezig zou houden met de vraag welke waarde de geschiedenis der exacte wetenschappen voor de algemeen historisch geïnteresseerde heeft dan met haar betekenis voor de beoefenaren van die wetenschappen zelf, maar ik vlei mij met de hoop dat ik reeds enige tijd bezig ben die belofte te vervullen. Men behoeft waarlijk geen wis- en

natuurkundige te zijn om het belang in te zien van een verheldering van ons inzicht in de cultuurhistorische betekenis van de scholastieke natuurwetenchap, om zich geboeid te voelen door zo menige andere wetenschapshistorisch belangrijke ontwikkelingsgang of door een uiteenzetting van het aandeel dat de wis- en natuurkundige vakken in het totale beeld van belangrijke historische perioden hebben gehad. Men kan bij het eerste aan de geschiedenis van het astronomische wereldbeeld denken, die waarlijk niet alleen voor astronomen geschreven wordt, aan die gehele fascinerende opgang vanuit de door de zintuigen en het gezonde verstand met dezelfde overtuigingskracht ingegeven voorstelling van de aarde als een rustende vlakke schijf in het middelpunt der wereld over de stadia der ptolemaeïsche, copernicaanse, kepleriaanse, newtoniaanse voorstellingen en theorieën heen tot de tegenwoordige inzichten in de structuur van het heelal en in de plaats die de aarde daarin inneemt, waarbij de kinderlijke teleurstelling over het kosmisch onbetekenende van haar en ons aller materiële positie een overvloedige compensatie kan vinden in het besef dat de mens door zijn eeuwenlang voortgezette gestadige wetenschappelijke arbeid zelf tot het inzicht van die onbelangrijkheid is gekomen. Ook op dit gebied is er voor de beide onderzoekingsmethoden die ik heb onderscheiden gelegenheid te over haar vruchtbaarheid te bewijzen. Opnieuw is het de evolutionistische die de leiding geeft en het historisch onderzoek voortdrijft, maar opnieuw moet zij om tot een billijk oordeel te komen de medewerking van de fenomenologische inroepen. Voert de eerste ons de groei van ons weten voor ogen, zo leert de tweede ons onder meer de tegenstanden die bij die groei te overwinnen waren verstaan. Het contrast tussen de wijzen waarop thans en waarop nog enkele decennia geleden geschreven werd over de oppositie die het copernicaanse wereldbeeld in de zestiende en zeventiende eeuw van theologische zijde ondervond, getuigt van de gunstige invloed die zij uitoefent. In de negentiende eeuw kon men in die oppositie niets anders zien dan een symptoom van de eeuwige strijd van de machten der duisternis tegen het licht der wetenschap; thans maken wij het ons echter tot plicht ons zo zeer in de wereldbeschouwing van de zestiende en zeventiende eeuw in te leven dat wij in staat zijn de hervorming der astronomie ook van het toenmalige theologische standpunt uit te zien.

Tegenover dit door vele andere aan te vullen voorbeeld van een voor iedereen belangwekkende door de eeuwen heen zich uitstrekkende ontwikkelingsgang kan als illustratie van het nut der wetenschapsgeschiedenis bij de bestudering van een afgesloten cultuurperiode de schildering van de betekenis van wiskunde en natuurwetenschap in de Griekse Oudheid worden gesteld. De wijze waarop in Hellas wiskunde en astronomie zijn beoefend is niet alleen fundamenteel geweest voor de historische ontwikkeling van beide wetenschappen tot in onze tijd toe, maar betekent ook een essentiële trek van de Griekse geest, die men niet dan ten koste van een onmiskenbare eenzijdigheid kan verwaarlozen. De zuivere wiskunde is geheel, de mathemati-

sche astronomie voor een zeer aanzienlijk deel een vrucht van Griekse bodem. Toen Pythagoras of de groep wiskundigen die achter zijn naam schuil gaat de reeds eeuwenoude mathesis omvormde tot een zuivere wetenschap doordat hij haar grondslagen onderzocht en haar stellingen op onstoffelijke wijze en door het denken alleen beschouwde (aldus, oudere bronnen citerend, Proklos in zijn commentaar op Euclides[7]), toen het hierdoor geïnspireerde werk van een gehele schare van Stocheiotetes ten slotte in de *Elementen* van Euclides zijn samenvatting en bekroning vond en Archimedes en Apollonius hierop voortbouwend hun grote werken schiepen, toen Plato de astronomen van zijn tijd aanspoorde de verschijnselen der planetenbeweging te redden, Eudoxos aan zijn oproep gehoor gaf en Hipparchos en Ptolemaeus op meer doeltreffende wijze zijn wens vervulden, gebeurden er dingen van zo grote betekenis dat een beeld van de Oudheid waarin zij niet de hun toekomende plaats innemen niet anders dan pijnlijk onvolledig kan heten. Natuurlijk betekent het een zeer hoge eis die men de classicus stelt wanneer men van hem vertrouwdheid ook met deze kant der antieke wereld verlangt, maar de studie van de bakermat van onze cultuur legt nu eenmaal bijzondere verplichtingen op en het is niet wel in te zien waarom wie zich aan die studie wijdt naast de taal en de letterkunde wel de beeldende kunst, de wijsbegeerte en het economische en sociale leven der Hellenen binnen de kring van zijn belangstelling zal trekken, maar de exacte wetenschappen daarvan zorgvuldig zal uitsluiten. De hierdoor in het geheel der menselijke cultuuruitingen getrokken scheidingslijn wordt weliswaar in onze tijd grif als natuurlijk beschouwd maar men moet altijd bedenken dat zij in de Oudheid en nog vele eeuwen daarna niet heeft bestaan. Bovendien komen door de veronachtzaming van het mathematisch-fysisch element niet alleen wezenlijke trekken van het totaalbeeld der Griekse beschaving geheel te ontbreken, maar kunnen ook andere die er wel in zijn opgenomen niet volledig worden uitgewerkt. In het bijzonder is de vertrouwdheid met de antieke wiskunde en natuurwetenschap onontbeerlijk bij de Plato-studie. Men kan erover van mening verschillen wat Plato door zijn persoonlijk optreden voor de beoefening van de antieke exacte wetenschappen betekend heeft,* maar niemand kan blind blijven voor de invloed die deze wetenschappen op zijn denken hebben uitgeoefend. Men kan niet met teksten in de hand bewijzen dat het de vraag naar de zijnswijze van mathematische objecten geweest is die tot de opstelling van de ideeënleer aanleiding heeft gegeven, maar de interne evidentie, die in historisch-mathematische problemen zo vaak naast het op de tekst steunende bewijs als argument kan worden aangevoerd, maakt het waarschijnlijk dat zij er althans een van de wortels van gevormd heeft. De theoretische beschouwingen over wiskunde en astronomie in de *Politeia* stellen het nauwe verband tussen deze weten-

7 *Procli Diadochi in primum Euclidis Elementorum librum commentarii,* ex rec. G. Friedlein. (Lipsiae, 1873) 65.

schappen en Plato's filosofisch stelsel buiten alle twijfel en wat wij tot dusver van de leer der idee-getallen begrepen hebben wijst erop dat de mathematische tendentie tegen het einde van zijn leven nog in kracht gewonnen heeft. Omgekeerd heeft zo niet Plato persoonlijk dan toch in ieder geval de geest van zijn wijsbegeerte een stempel op de Griekse wiskunde en natuurwetenschap gedrukt die door de latere ontwikkeling nooit meer zou worden uitgewist. De sterke tendentie tot mathematisering, die wellicht de meest kenmerkende trek is die het verloop der natuurwetenschap van de Oudheid af tot heden toe vertoont, kan als een geleidelijke verwezenlijking van een platoons kenideaal worden verstaan. De methode van het σῴζειν τὰ φαινόμενα, die Plato voor de astronomie formuleerde, is in wezen geen andere dan die van de hedendaagse fysica.

Natuurlijk moet wel bedacht worden dat voor de mathematisch-fysisch georiënteerde Plato-studie de fenomenologische instelling onmisbaar is. Waar deze ontbreekt blijft men altijd vreemd staan tegen zijn numerologische beschouwingen met het gevolg dat men zelfs gemeend heeft deze als parodiëring van de pythagoreïsche getallenmystiek te mogen interpreteren. En eerst waar zij aanwezig is kunnen de kosmologische theorieën van de dialoog *Timaios* meer gaan betekenen dan een ijdel spel met mathematische begrippen. Hoezeer zij dan voor iemand kunnen gaan leven heeft de dichter Jan Prins in de mooie vertaling die hij van de dialoog gemaakt heeft en vooral in de veertig sonnetten waarin hij daarna de inhoud nog eens kort heeft samengevat, overduidelijk getoond.[8]

In niet mindere mate dan bij de studie van de Oudheid is de geschiedenis der exacte wetenschappen geroepen een essentiële bijdrage te leveren tot de kennis van het grote historische proces waarin zich de overgang van de Middeleeuwen naar een nieuwere wereld heeft voltrokken. En opnieuw kan men de opmerking maken dat zij nog te weinig de kans heeft gekregen die roeping volledig te vervullen en nog te weinig waardering heeft ondervonden voor wat zij er wel van verwezenlijkt heeft. In de historische wetenschap hebben van oudsher de politieke en de militaire geschiedenis het leeuwendeel van werkkracht en belangstelling voor zich opgeëist; later heeft zich de geschiedenis der economische en sociale omstandigheden een plaats naast hen veroverd en gezamenlijk hebben zij het net bepaald - om een beeld van Spranger* te gebruiken - dat de historiografie over het continuüm van het verleden heeft geworpen. De daardoor bepaalde contouren van het historisch beeld zijn dus tot stand gekomen zonder dat rekening is gehouden met de resultaten die de geschiedenis der exacte wetenschappen bij voldoend krachtige beoefening had kunnen leveren of die zij ondanks haar veronachtzaming reeds geleverd had. Ook zij heeft echter recht op het eigen net en het blijkt dat de daardoor

8 Jan Prins (C.L. Schepp), *Platoon's Timaios*. In het Nederlands overgebracht en van inleiding en toelichting voorzien (Amsterdam-'s-Gravenhage, z.j).

bepaalde cesuren vaak heel andere zijn dan de traditionele. Wanneer zij haar *anni mirabiles*, de jaartallen waarin een zeer geleidelijk verlopende overgang terwille van de overzichtelijkheid geconcentreerd wordt, te bepalen heeft, noemt zij 1543, het jaar waarin Copernicus' werk *De revolutionibus orbium coelestium* verscheen, als beginpunt en 1687, het jaar van Newtons *Philosophiae naturalis principia mathematica*, als eindpunt van de overgangstijd en daartussen ziet zij ook weer heel andere jaren dan die van de politieke en militaire geschiedenis als de kritieke aan: zij denkt om Stevins *Weeghconst* aan 1586, om Keplers *Astronomia nova* aan 1609, om het *Discours de la méthode* en de *Essais* aan 1637, om Galilei's *Discorsi* aan 1638; en 1673 wekt niet zozeer de herinnering aan de rampspoedige oorlog die ons land toen te voeren had als aan de zege die het door het uitkomen van Huygens' *Horologium oscillatorium* behaalde. Met volledige erkenning van het bestaansrecht van andere indelingen meent zij in haar recht te zijn als zij ook voor de hare aandacht vraagt. Zij baseert deze aanspraak op de overtuiging dat voor de geschiedenis der mensheid als geheel beschouwd de gebeurtenissen die in de genoemde jaren zijn voorgevallen een essentiële betekenis bezitten; zij verstout zich zelfs ze voor essentiëler te houden dan menig staatkundig of militair feit dat reeds aan de jeugd als kardinaal element der geschiedenis wordt ingeprent. Zij is er zich natuurlijk van bewust dat de tijdgenoten dit zo niet hebben kunnen zien, omdat oorlogen nu eenmaal meer spectaculair zijn dan boeken en catastrofen meer de ogenblikkelijke aandacht boeien dan de langzame groei van het denken. Maar de historische blik is een andere dan de contemporaine en over hoe langere perioden hij zich uitstrekt des te meer verandert het oordeel over wat nu eigenlijk het wezenlijk belangrijke is geweest.

De historici der exacte wetenschappen, die reeds lang de hier kort geschetste overtuiging van een principiële tekortkoming van de traditionele geschiedschrijving bezitten, hebben kort geleden de eigenaardige sensatie kunnen beleven door een universitaire vertegenwoordiger van diezelfde officiële historiografie niet alleen het goed recht van hun opvatting met nadruk te zien bepleiten, maar deze zelfs tot consequenties te zien voeren waarvoor zij zelf nog zouden zijn teruggedeinsd. Het is de historicus Herbert Butterfield van de universiteit van Cambridge die in een opmerkelijk, van zeer gedegen kennis van de wetenschapsgeschiedenis getuigend werk, *The origins of modern science*,[9] de wetenschappelijke revolutie, dat is de overgangsperiode die ik straks door de jaren 1543 en 1687 globaal begrensde maar die natuurlijk haar wortels in een nog verder terugreikend verleden heeft, de meest belangrijke gebeurtenis sedert het ontstaan van het christendom noemt, waarmee vergeleken - aldus zijn woorden die ik echter niet voor mijn verantwoording neem - Renaissance en Reformatie slechts episoden, interne verschuivingen binnen het stelsel van het middeleeuwse christendom zijn. Daar - zo gaat hij

9 H. Butterfield, *The origins of modern science. 1300-1800* (London, 1949).

voort en hier maak ik zijn opvatting wel gaarne tot de mijne - deze omwenteling de aard van het menselijk denken zelfs in andere wetenschappen dan die van de stoffelijke verschijnselen gewijzigd heeft en zij met de denkbeelden over het fysisch heelal het patroon van het gehele menselijk leven heeft vervormd, neemt zij als ware oorsprong van het hedendaagse leven en denken zulk een overheersende plaats in de geschiedenis in dat onze gebruikelijke indeling van de Europese geschiedenis een hinderlijk anachronisme wordt. Men zal moeilijk een gebied kunnen aan wijzen waarop het van groter belang is het verloop van een historische overgang van meer nabij te bestuderen.

Het is niet onmogelijk dat u naar aanleiding van deze beschouwingen de opmerking zult willen maken dat toch van oudsher aan de bedoelde periode door de geschiedenis der wijsbegeerte alle aandacht geschonken is en dat men dus toch wel voldoende op de hoogte zal zijn met de geestelijke stromingen die erin zijn aan te treffen en van de invloeden die daarvan op de latere ontwikkeling zijn uitgegaan. Wie zo oordeelt ziet echter over het hoofd dat in de gangbare geschiedschrijving van het wijsgerig denken het zeer nauwe verband waarin in de zestiende en zeventiende eeuw wijsbegeerte, wiskunde en natuurwetenschap tot elkaar stonden, gewoonlijk ook niet voldoende tot zijn recht komt. Opnieuw wreekt zich hier de verderfelijke hedendaagse gewoonte scheidingslijnen die in onze tijd terecht of ten onrechte getrokken worden, over te brengen naar een verleden waarin ze niet bestonden. Men kan boeken over Descartes aantreffen waarin over zijn werk als wis- en natuurkundige òf in het geheel niet gesproken wordt òf slechts mededelingen uit de tweede hand worden gedaan, wat dan gemotiveerd wordt door de opmerking dat de auteur zich op dit gebied niet competent acht en zich daarom tot het eigenlijke wijsgerige terrein zal beperken. Het is de moeite waard zich het ironische glimlachje voor te stellen waarmee Descartes zelf op dit in tweeën snijden van zijn levenswerk zou hebben gereageerd. ‘Toute la philosophie,’ aldus zijn mening, ‘est comme un arbre, dont les racines sont la Metaphysique, le tronc est la Physique, et les branches qui sortent de ce tronc, sont toutes les autres sciences, qui se réduisent à trois principales, à sçavoir la Medecine, la Mechanique et la Morale.’[10*] En wanneer men hem gevraagd zou hebben uit welke bodem de metafysische wortels de boom de levenssappen toevoeren zou hij ongetwijfeld zijn platoons gekleurde mathesis als zodanig hebben aangewezen, waaruit hij zijn concepties van de ‘idées claires et distinctes’ geput heeft.

Bij auteurs over Pascal kan men dezelfde neiging tot het scheiden van wezenlijk samenhangende aspecten aantreffen. Men kan zijn werk als wisen natuurkundige zien veronachtzamen zonder dat de auteur zelfs maar vermoedt dat daardoor zijn filosofisch en theologisch denken niet meer

10 Descartes, *Les principes de la philosophie*, in: Préface. *Oeuvres de Descartes* (Adam et Tannery) IX B 14.

voldoen de tot zijn recht kan komen.

Niets is meer in staat ons te doen beseffen hoezeer wij bij al de fenomenale uitbreiding van de totaliteit der wetenschappelijke inzichten en vermogens bezig zijn in persoonlijke eruditie achteruit te gaan dan een vergelijking tussen de talrijke gespecialiseerde beoefenaren van de verschillende moderne wetenschappen met de geleerden van een tijd waarin men nog deel kon hebben aan de ene en ondeelbare wetenschap. Ik zal niet vervallen in onvruchtbaar geweeklaag over een onvermijdelijkheid, maar kan toch niet nalaten op te merken dat men tegenwoordig wel eens wat heel erg geneigd blijkt van de nood der eenzijdigheid een deugd te maken. Men doet dit onder meer in de organisatie van het voorbereidend hoger onderwijs, waarin men naar vroegtijdige differentiatie van schooltypen streeft en het ideaal van de ene ongesplitste en daardoor alle mogelijkheden openlatende opleiding hoe langer hoe meer uit het oog verliest. En men kan er de gevolgen van vaststellen wanneer men moet ervaren dat geleerden van verschillende studierichtingen elkaar eigenlijk niet meer zo recht au sérieux nemen, al hoeden ze zich er wel voor elkaar dit te laten merken. Men kan beoefenaren van de natuurwetenschap aantreffen die van mening blijken dat wat op historisch, filosofisch, filologisch en theologisch gebied gedaan wordt toch eigenlijk niet in de volle zin des woords wetenschap mag heten en vertegenwoordigers van die andere richtingen, die zich daarover wreken, niet door het verwijt terug te kaatsen maar door wat aan de overzijde gebeurt eenvoudig te ignoreren. Er bestaat een wederzijdse vervreemding tussen wat met een althans in ons land wel algemeen begrepen onderscheiding α- en β-wetenschappen genoemd worden - een vage oppervlakkige en bloot-formele indeling, maar in ieder geval verkieselijk boven de gewoonlijk zo vlot gebruikte maar bij nadere beschouwing zo moeilijk aanvaardbare classificatie in natuur- en geesteswetenschappen of in natuur- en cultuurwetenschappen -, die als een ernstige tekortkoming der hedendaagse geleerdencultuur moet worden beschouwd. Hoe ver dit kwaad al is doorgedrongen blijkt uit de wijze waarop men op incidentele overschrijdingen van de grenslijn tussen de twee gebieden spontaan reageert. Ik heb het meegemaakt dat in een gezelschap dat voor het allergrootste deel uit filologen, historici en theologen bestond, een voordracht over economie waarin op ruime schaal van algebraïsch tekenschrift gebruik werd gemaakt door een deel der aanwezigen ontvangen werd met een bevreemding die aan verontwaardiging grensde. De oppositie die de logistiek nog zo vaak ontmoet bij filosofen die de klassieke logica toch altijd als een wezenlijk bestanddeel van hun vak hebben beschouwd, wijst in dezelfde richting. En ik heb zelf door een toevallige omstandigheid eens een ervaring op ditzelfde punt kunnen opdoen die mij zo symptomatisch toelijkt dat ik niet kan nalaten u haar mede te delen. In een hotel in mijn woonplaats had een conferentie van predikanten* plaats, die plotseling in moeilijkheden kwam te verkeren doordat een der sprekers wegens ziekte verhinderd was te komen. Men vroeg mij of ik kon invallen en daar ik kort tevoren juist een voordracht

had gehouden over een figuur die ook voor theologen altijd interessant is, namelijk Pascal, verklaarde ik mij bereid. Natuurlijk nam ik mij voor voornamelijk over de *Pensées* te spreken, maar het leek me toch gewenst een korte inleiding over Pascals leven voor het *Mémorial* en over zijn werk als wis- en natuurkundige te laten voorafgaan. Ik zei dus iets over de beroemde nog steeds naar hem genoemde stelling over de drie snijpunten van paren overstaande zijden van een in een kegelsnede beschreven zeshoek, over zijn rekenmachine en over zijn luchtdrukproeven. Het viel mij op dat dit bij een deel van het auditorium een zekere hilariteit verwekte. Toen ik echter daarna over 'le problème des partis' kwam te spreken, dat is de vraag hoe de inzet van een hazardspel onder de deelnemers moet worden verdeeld wanneer het spel voortijdig wordt afgebroken - een historisch belangrijk probleem omdat hieruit de waarschijnlijkheidsrekening is voortgekomen - barstte het gezelschap in een hartelijke lach uit. Ik voelde me, wil ik u wel bekennen, even wat onthutst maar ontving spoedig een *consolatio philosophiae* door te overwegen dat Schopenhauer het verschijnsel van het lachen toeschrijft aan de plotselinge waarneming van een incongruentie tussen een begrip en een onder dat begrip gesubsumeerd reëel ding. De toehoorders waren blijkbaar ingesteld op de Pascal die de gangbare voorstelling tekent, de asceet die na met de wereld gebroken te hebben de laatste krachten van zijn ellendig lichaam opoffert in de dienst van een rigoreus christelijk leven en van de verdediging van de christelijke godsdienst. En de vermelding van een kegelsnede, een rekenmachine, een barometer en de pot van een gokpartijtje trof hen als een paradoxe subsumering van triviale zaken onder een verheven begrip. Het voorval is mij echter steeds bijgebleven als een typische illustratie van de klove die dit toch zeer intellectueel ontwikkelde en cultureel geïnteresseerde gezelschap van de wisen natuurkunde scheidde en die verhinderd had dat bij de naam Pascal spontaan mathematisch-fysische associaties waren opgetreden. Ik moet er om volledig te zijn bijvoegen dat het bestaan van die klove bij de op de voordracht volgende bespreking door verscheidene sprekers werd erkend en betreurd.

Deze laatste ervaring kan men tegenwoordig vaker opdoen. Onder de indruk van de spectaculaire ontwikkeling van de moderne natuurwetenschap wordt de vervreemding niet zelden als gemis gevoeld en dit geeft dan aanleiding tot pogingen toch nog weer contact te zoeken. In de regel slaat men daarbij echter een verkeerde weg in. Men tracht zonder voldoende voorbereiding de natuurwetenschap in haar tegenwoordige gedaante te benaderen en bemerkt dan al spoedig dat zij zich met een zo formidabel mathematisch apparaat omringd heeft, dat zij voor buitenstaanders die iets meer willen bereiken dan een vage voorstelling volkomen ontoegankelijk is geworden. Het is niet in het heden dat men een begin moet maken met een herstel van het verloren contact maar in het verleden. Men moet zich niet tot de actuele wisen natuurkunde wenden maar tot hun geschiedenis. Daarom is het ook een hopeloze onderneming om, zoals tegenwoordig van gymnasiale zijde wel

beproefd wordt en zoals ook in de Nota betreffende onderwijsvoorzieningen van minister Rutten bepleit werd, een gevreesde wereldvreemdheid van de α-afdeling van het gymnasium te willen tegengaan door het behandelen van capita selecta uit de moderne natuurwetenschap. De plaats waar het gevaar van eenzijdigheid in de kiem bestreden kan worden is niet de natuurkunde- maar de wiskundeles, mits men daar de wiskunde niet zoals tot dusver gebruikelijk was in een verzwakte moderne vorm maar in haar oorspronkelijke Griekse gedaante behandelt en tot een essentieel bestanddeel van de klassieke vorming* maakt.

Het blijkt hier opnieuw dat de geschiedenis der exacte wetenschappen, hoewel primair van belang voor de beoefenaren van deze wetenschappen zelf als antidotum tegen het gevaar van een specialisme dat het contact met de algemene cultuur dreigt te verliezen, daarnaast grote waarde heeft voor vertegenwoordigers van andere studierichtingen.

Zij kan deze waarde nog op andere wijze tonen. Als een van de dringende desiderata van de hedendaagse wetenschapsleer - dit woord te verstaan als de algemene beschouwing der verschillende wetenschappen, elk in hun eigen aard, in hun onderlinge samenhang en in hun maatschappelijke betekenis - moet de stelselmatige beoefening van de betekenisleer der wetenschappelijke terminologie worden beschouwd. De betekenis van de technische vaktermen moge in verscheidene wetenschappen vrijwel vastliggen en zonder veel moeite achterhaalbaar zijn, in talrijke andere is dat allerminst het geval en zodra tot wijsgerige en sociologische beschouwingen over wetenschapsbeoefening wordt overgegaan opent zich menigmaal een ware chaos. Men gebruikt zonder nadere toelichting termen die tal van verschillende betekenissen bezitten en de ongelukkige lezer moet maar zien dat hij uit de samenhang opmaakt welke daarvan de auteur eigenlijk voor de geest heeft gezweefd. Een sprekend voorbeeld van de hier dreigende begripsverwarring wordt geleverd door de groep termen die van μηχανή zijn afgeleid, zoals mechanica, mechanisch, mechanistisch, mechanisering enzovoorts. Het blijkt bij onderzoek dat de term mechanisch in ten minste vijf verschillende betekenissen voorkomt en dat mechanisering er ten minste vier bezit. De ontwarring van dergelijke verwikkelingen kan nauwelijks anders dan langs historische weg verkregen worden en hier heeft de geschiedenis der exacte wetenschappen in samenwerking met die der wijsbegeerte, die haar in dit opzicht al voor is, een belangrijke taak te vervullen.

Het betoog van het belang der wetenschapsgeschiedenis dat ik tot nu toe heb trachten te voeren lokt vanzelf de vraag uit in hoeverre en op welke wijze zij de ondernomen taak tot dusver heeft vervuld en leidt verder tot een beschouwing van de methodische moeilijkheden waarmee zij daarbij te kampen heeft gehad en ten dele nog te kampen heeft.

Wanneer men de beoefening van de wetenschapsgeschiedenis kritisch be-

schouwt valt het niet te ontkennen dat zij menigmaal aanleiding heeft gegeven en tegenwoordig ook nog wel aanleiding geeft tot gerechtvaardigde bedenkingen. Dat is natuurlijk geenszins verwonderlijk. Clio's stiefkind heeft nooit kunnen profiteren van de heilzame tucht waaraan de muze in de negentiende eeuw haar wèl erkende kinderen is gaan onderwerpen en van de goede manieren die zij hun toen heeft bijgebracht. De wetenschapsgeschiedenis is altijd gediend door onderzoekers die, welke ook hun verdere kwaliteiten mochten zijn, op historisch gebied autodidact waren. Er is veel dilettantisch werk gedaan doordat men onvoldoende onderscheidde tussen het alleen maar curieuze en het hetzij evolutionistisch hetzij fenomenologisch belangrijke, of doordat men een detailonderzoek begon zonder een voldoend algemene kijk op de periode waarin het bestudeerde onderwerp thuishoorde. Men heeft veel moeten leren op het stuk van bronnenstudie en documentatie. Een over de gehele wereld bekend geworden en nog steeds gezag genietend werk over de geschiedenis der mechanica van de fysicus en filosoof Ernst Mach laat op beide punten alles te wensen over.[11] Toen tussen 1905 en 1912 een terecht hoog vereerde pionier der wetenschapsgeschiedenis, de Franse fysicus Pierre Duhem, in zijn *Etudes sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux quil'ont lu*[12] de resultaten van zijn uitvoerig handschriftenonderzoek naar de scholastieke natuurwetenschap wereldkundig maakte, meende hij nog te kunnen volstaan met het meedelen van een Franse vertaling van de ontcijferde teksten; met de vaak duistere aantekeningen van Leonardo zelf handelde hij evenzo, vergetend dat hij zodoende zijn lezers niet Leonardo maar zijn eigen interpretatie van Leonardo leerde kennen, die zoals later bleek op menig punt aanvechtbaar was. Aan de andere kant is reeds vroeg werk verricht dat aan de hoogste eisen voldoet. Men kan aan de Franse wetenschapshistoricus Paul Tannery denken, die met Charles Adam samen de *Oeuvres de Descartes* verzorgd heeft, of aan de opvolgende redacteuren van onze eigen Huygensuitgave, om te bespeuren hoezeer de beoefening van wiskunde en natuurwetenschap tot een spontaan inachtnemen van historische en filologische exactheidseisen predisponeert.

Deze gunstige omstandigheid mag ons echter niet blind maken voor het betreurenswaardige feit dat uit de oudere, minder exacte perioden der wetenschapsgeschiedenis een groot aantal historische voorstellingen in omloop zijn gebleven die geen vertrouwen verdienen en die tegen een kritisch onderzoek in de meeste gevallen dan ook helemaal niet bestand blijken te zijn. Traditionele denkbeelden op het gebied van de geschiedenis der exacte wetenschappen hebben, voorzover zij niet door een als betrouwbaar bekend staand historicus gecontroleerd en juist bevonden zijn, eigenlijk evenveel kans onwaar te zijn als waar, en wie op wetenschapshistorisch gebied op even vaste bodem wil staan

11 Ernst Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* (Leipzig, 1912).
12 Pierre Duhem, *Etudes sur Léonard de Vinci, ceux qu'il a lus et ceux quil'ont lu* (3 dln. Paris, 1906, 1909, 1913).

als in de actuele wetenschappen moet zich het *de omnibus dubitandum* tot plicht maken. Helaas blijken historische dwalingen zich vast te zetten met een taaiheid die slechts wordt geëvenaard door de snelheid waarmee zij zich verspreiden.

Het is verder een veel voorkomende misvatting dat het verloop van de geschiedenis der exacte wetenschappen ons in grote lijnen al wel zo ongeveer bekend zou zijn. De ware situatie is zo dat ook van onderzoekers met een grote naam in de regel slechts in hoofdtrekken vaststaat wat zij eigenlijk gedaan hebben. Historisch onderzoek is, zoals overal, ook in de wetenschapsgeschiedenis een moeizaam geduldswerk en daar het aantal beschikbare werkkrachten uiterst klein is behoeft men er zich niet over te verwonderen dat onze kennis van het verleden nog zeer fragmentarisch is en dat vrijwel ieder nieuw opgezette historische navorsing tot verrassingen leidt.

Deze omstandigheid oefent natuurlijk een fatale invloed uit op alle beschouwingen waarin van de resultaten der wetenschapsgeschiedenis gebruik wordt gemaakt en die door de onvolkomenheid van haar kennis noodzakelijkerwijs zelf onvolkomen blijven. Men vindt hiervan een typerend voorbeeld op het tegenwoordig zo zeer de aandacht trekkend gebied der wetenschapssociologie, het vak dat zich het onderzoek naar het verband tussen de ontwikkeling van de wetenschap en die van het maatschappelijk leven tot taak stelt. Dat is natuurlijk een zeer belangrijk, volkomen legitiem object van onderzoek, dat beter verdient dan de schichtige heftigheid waarmee het door sommige wetenschapshistorici a limine wordt afgewezen. Dat er tussen wetenschap en maatschappij verband bestaat en altijd bestaan heeft behoorde vooral waar het de natuurwetenschappen betreft boven iedere twijfel verheven te zijn. Even vanzelfsprekend is het echter dat het hier om problemen gaat die eerst op grond van een zeer gefundeerde kennis van de beide met elkaar in verband te brengen gebieden met enige kans op succes behandeld kunnen worden. Aan de vervulling van die voorwaarde hapert echter nog heel wat, vooreerst als gevolg van de onvolkomen toestand van de wetenschapsgeschiedenis maar ook doordat de beoefenaren van de wetenschapssociologie menigmaal onvoldoende op de hoogte blijken met wat er aan betrouwbare gegevens over de ontwikkeling der wetenschappen al wèl bekend is. Men staat menigmaal versteld over de lichtvaardigheid waarmee op grond van oppervlakkige analogieën en vaak zelfs ten gevolge van volstrekte misvatting van het historisch verloop, functionele samenhangen als hetzij feitelijk hetzij mogelijk aanwezig worden aangewezen.

Op de vraag naar de aard van het verband tussen maatschappij en wetenschap kan op verschillende wijzen geantwoord worden, die zich echter a priori in drie categorieën laten indelen: men ziet in de natuurwetenschap een der factoren die de maatschappelijke ontwikkeling beïnvloeden; men beschouwt haar, op dezelfde voet als andere geestelijke prestaties van de mens, als in hoofdzaak bepaald door de economisch-sociale situatie, of men neemt een

innige wisselwerking aan. Deze drie formele mogelijkheden bepalen drie programma's van onderzoek en de wetenschapsgeschiedenis kan er slechts wel bij varen wanneer aan de uitvoering van alle drie gewerkt wordt. Ook hier geldt: 'Es eifre jeder seiner unbestochnen von Vorurteilen freien Liebe nach'. Men behoort er zich echter voor te hoeden van wat een programma zou moeten zijn een doctrinair postulaat te maken en dus de vraag; 'zou het ook zo kunnen zijn?' door de bewering: 'het is zo' te vervangen.

Tegen de verleiding dit toch te doen zijn de aanhangers van de tweede der boven onderscheiden mogelijkheden voor de beantwoording van de wetenschapssociologische vraag, de aanhangers van de materialistische opvatting van geschiedschrijving dus, niet steeds bestand gebleken. Het komt voor dat zij terwille van hun theorie hun toevlucht nemen tot de meest geforceerde verklaringen of slechts op die historische gegevens acht slaan die bij hun theorie passen.

Als een voorbeeld van de eerste houding noem ik de wijze waarop de Engelse classicus Farrington het ontstaan van het platoons postulaat dat de onregelmatigheden van de planetenbeweging gered moeten worden door combinaties van eenparige cirkelbewegingen, uit de sociale situatie van de tijd verklaart.[13] Tijdens Plato's leven, aldus zijn voorstelling, werd de maatschappelijke samenleving in Attica verontrust door het probleem van de vagebondage. Om nu ook een bijdrage tot de oplossing van het probleem te geven besloot Plato eerst aan de hemelse vagebondage een eind te maken. Aan de hemel waren namelijk ook vagebonden, de vijf πλανήτες ἀστέρες, die zich niet wilden storen aan de algemene wet van de eenparige cirkelbeweging en zolang dat het geval was had de astrale theologie, die in zijn ideaalstaat zulk een belangrijke functie moest vervullen, geen kans op succes. Het zou, aldus nog steeds Farrington, geheel verkeerd zijn Plato's oproep aan de astronomen in de planetenbeweging orde te scheppen, te verstaan als een uiting van belangeloze liefde tot de wetenschap. Het was geen poging astronomische feiten op het spoor te komen maar het diende om sociaal hinderlijke verschijnselen weg te werken.

Als illustratie van eenzijdigheid in het selecteren van feiten noem ik de door de materialistische historici met zoveel voorliefde aangehaalde ontwikkeling van de energetische warmteleer in het begin van de negentiende eeuw, die gezien wordt als de vrucht van de sterk groeiende maatschappelijke betekenis van het stoomwerktuig. Men heeft hier inderdaad te maken met een geval waarin de wetenschappelijke ontwikkeling wel zeer duidelijk in het leven schijnt te zijn geroepen door economische behoeften. De industriële revolutie had ertoe geleid dat grote waarde werd gehecht aan die processen die wij thans als energieomzettingen betitelen. De behoefte aan inzicht in de werking van de

13 Benjamin Farrington, *Greek science. Its meaning for us (Thales to Aristotle)* (Penguin Books A 142) 87-88.

stoommachine en aan de taxatie van de mechanische arbeid die zij kon verrichten moest wel het natuurkundig onderzoek stimuleren. Vandaar dan ook dat de altijd sterk technisch geïnteresseerde Franse fysici van het begin der negentiende eeuw grote aandacht aan warmteverschijnselen besteedden en dat de Franse genie-officier Sadi Carnot zich uitdrukkelijk tot taak stelde de werking van de stoommachine te verklaren en te onderzoeken hoe haar nuttig effect zou kunnen worden opgevoerd. Hij volbracht deze taak in het in 1824 verschenen werk *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, waarin de grondslag wordt gelegd voor de latere tweede hoofdwet der mechanische warmtetheorie. Het is geen wonder dat deze episode uit de geschiedenis der natuurwetenschap door materialistisch georiënteerde historici als een treffende illustratie van hun opvatting van het verband tussen natuurwetenschap en maatschappij ten tonele wordt gevoerd.[14]

Bij nadere beschouwing blijkt nu echter dat het treffende van dit voorbeeld voornamelijk daaraan te danken is dat sommige trekken van de geschetste ontwikkeling bijzonder in het licht worden gesteld terwijl andere in de schaduw worden gelaten. Het eerste is het geval met de figuur van Carnot zelf, die voor de historische ontwikkeling wel zeer belangrijk is maar die toch meer als wegbereider van de energetische opvatting van warmte dan als grondlegger daarvan moet worden beschouwd om de eenvoudige reden dat hij de warmte nog als een stof opvatte en niet als een energievorm, zodat van omzetting van warmte in mechanische energie bij hem nog geen sprake is. Deze opvatting is eerst in de vroege jaren veertig door Julius Robert Mayer en James Prescott Joule ontwikkeld en eerst door hun werk wordt de maatschappelijke behoefte aan inzicht in de door een stoommachine bewerkstelligde energieomzetting bevredigd. Het kan misschien de schijn hebben dat deze opmerking, die het tijdstip van de beslissende vondst achttien jaren achteruit schuift en één naam door twee andere vervangt, aan het wezen der zaak niet zo heel veel afdoet. Maar vooreerst komt er nu tussen het tijdstip waarop James Watt de stoommachine eerst werkelijk technisch rendabel maakte en dat waarop de naar het heet door deze machine in het leven geroepen wetenschappelijke ontwikkeling haar beslag kreeg, een tijdvak van niet minder dan zeventig jaren te liggen, wat nogal lang lijkt. En bovendien doet de vervanging van Carnot door Mayer en Joule dezelfde vraag rijzen waartoe de materialistische wijze van geschiedschrijving zo vaak aanleiding geeft, de vraag namelijk hoe de beïnvloeding van het wetenschappelijk onderzoek door de economische situatie eigenlijk in zijn werk gaat. De Franse genie-officier Carnot stond door opleiding en werkkring in nauw contact met de techniek en bij hem zou het niet verwonderlijk zijn indien maatschappelijke invloeden hem tot zijn werk hadden geïn-

14 Zie voor beschouwingen in deze geest: George H. Mead, *Movements of thought in the nineteenth century*, edited by Merritt H. Moore (Chicago, 1936, 1944) Ch. XII. Ten onzent met instemming geciteerd door Jan Romein, *Tussen vrees en vrijheid* (Amsterdam, 1950) 389.

spireerd. Maar Mayer was een arts in een klein Duits stadje, die zich als student gegrepen had gevoeld door de intuïtieve overtuiging dat er in de natuur nooit iets wezenlijk zoek kan raken en die aan het koppig herhaalde adagium van Lucretius 'Ex nihilo nil fit; nil fit ad nihilum' de kracht ontleende zijn aanvankelijk bespotte conceptie van warmte als een energievorm door te zetten. En Joule was een rijke Engelse jongeman, die zich voor elektrische verschijnselen interesseerde en die door de bestudering van de door een stroom ontwikkelde warmte tot hetzelfde inzicht werd gevoerd. Men gevoelt hier nog steeds dezelfde verwondering als vroeger bij de bewering van Friedrich Engels dat het theologisch leerstuk der predestinatie de religieuze inkleding was van het economisch ervaringsfeit dat succes of bankroet in zaken niet zozeer afhangt van de werkzaamheid en handigheid van het individu als wel van uitwendige omstandigheden waarop hij geen invloed kan uitoefenen.[15] Men bleef zich destijds afvragen langs welke wegen Calvijn toch wel tot deze verwonderlijke vertaling van een economisch feit in de taal der theologie geïnspireerd was, maar men kreeg daarop evenmin antwoord als wanneer men nu weten wil hoe de genius der industriële produktiewijze het klaarspeelde Mayer en Joule te bewegen de fysica aan hem dienstbaar te maken.

Een tweede opmerking die de geschetste materialistische verklaring van de evolutie der warmteleer uitlokt is deze dat juist in dezelfde jaren waarin de ontwikkeling der industrie geacht wordt de onderzoekingen over warmte in het leven te hebben geroepen en waarin zij deze ongetwijfeld ook wel heeft gestimuleerd, door Ørsted, Ampère en Faraday de fundamentele ontdekkingen op elektrisch gebied werden gedaan die de grondslag zouden vormen van de overheersende positie die de elektriciteit in de samenleving zou gaan bekleden, maar die buiten elk aanwijsbaar verband tot de economische situatie van de tijd stonden. Het waren zuiver wetenschappelijke, door geen ander motief dan belangeloze weetgierigheid geïnspireerde laboratorium-onderzoekingen waarvan niemand nog de toekomstige technische implicaties kon vermoeden. Ørsted was een natuurfilosoof uit de school van Schelling, Ampère een zuivere mathematicus, die zich in 1820 na het bekend worden van het opzienbarende te Kopenhagen ontdekte verschijnsel dat een elektrische stroom een magneetnaald kan doen afwijken uit de magnetische meridiaan, een tijd lang aan elektriciteit is gaan wijden, Faraday een echte laboratorium-onderzoeker, die bezeten was door het denkbeeld dat het misschien wel zo zou kunnen zijn dat een elektrische stroom in de ene geleiddraad een stroom in een andere draad opwekt en dat magnetisme zich misschien wel in elektriciteit zou kunnen laten omzetten. Men kan nu natuurlijk wel volhouden dat de snelle groei der bevolking en de levendige ontwikkeling der industrie de

15 Friedrich Engels, *De ontwikkeling van het socialisme van utopie tot wetenschap* (Amsterdam, 1946) 18.

ontginning van een nieuwe energiebron dringend noodzakelijk maakten en dat de ontdekkingen op elektrisch gebied de wetenschappelijke uitdrukking van deze economische noodzaak vormden, maar met deze vermenging van efficiënte en finale oorzaken betreedt men toch meer het terrein van het geloofsmysterie dan dat van de redelijke verklaring. In ieder geval blijft het hoogst onbevredigend dat een beschouwingswijze die de ene wetenschappelijke ontwikkeling in een bepaald tijdvak als illustratief argument aanhaalt, aan een gelijksoortige andere in dezelfde tijd, waaraan geen illustratieve kracht eigen is, stilzwijgend voorbijgaat. Het geval leert ons wel welke betekenis een exact beoefende wetenschapsgeschiedenis voor de toetsing van wetenschapssociologische theorieën bezit.

Ik wil echter mijn beschouwingen niet eindigen met de nadruk te leggen op de voornamelijk kritische functie die de wetenschapsgeschiedenis vooralsnog ten aanzien van de wetenschapssociologie te vervullen heeft. De voornaamste waarde die haar eigen is, is namelijk van positieve algemeen-culturele aard. Zij heeft in de tijd waarin wij leven de wel zeer duidelijke roeping deze waarde aan het licht brengen.

Onze tijd wordt gekenmerkt door een uitgesproken cultuurpessimisme en het zijn vooral de natuurwetenschap en de op haar steunende techniek die het in het requisitoir dat men zo vaak over de huidige culturele situatie kan horen houden, te ontgelden krijgen. Men klaagt over wat Ogburn de ‘cultural lag’* van ons tijdvak genoemd heeft, de groeiende achterstand van de geestesbeschaving bij de technische civilisatie, over het verschijnsel van de massamens, wiens zedelijke en geestelijke persoonlijkheid niet mee is gegroeid met zijn technische vermogens; men stelt de natuurwetenschap daarvoor min of meer verantwoordelijk en beschuldigt haar er tevens van de materialistische levensbeschouwing te hebben bevorderd, de ontkerstening van grote bevolkingsgroepen te hebben bewerkt en hun ethische ontworteling te hebben veroorzaakt; men wijst er verder op dat zij die vroeger slechts de bevrediging van een legitieme weetgierigheid en de veraangenaming, beveiliging en verlenging van het menselijk leven nastreefde, zich tegenwoordig gedraagt als een wezen met twee aangezichten of liever met twee onafhankelijk van elkaar functionerende handen, waarvan de ene voortgaat de oorspronkelijk opgevatte zegenrijke taak te vervullen terwijl de andere zich intussen oefent alles wat de eerste tot stand brengt zo snel en efficiënt mogelijk te vernietigen.

Ik zal de laatste zijn de betrekkelijke gegrondheid van deze klachten te ontkennen. Maar het is onvruchtbaar zich ertoe te beperken ze hetzij verbitterd hetzij geresigneerd uit te spreken. De ontwikkeling van de natuurwetenschap en de techniek is een historisch verschijnsel van ontzaglijke betekenis en onafzienbare uitwerking. Het heeft evenmin zin slechts te klagen over de schaduwzijden van zulk een verschijnsel als deze in geforceerd optimisme te loochenen. Ten aanzien van wat men niet veranderen maar ook niet zonder

meer aanvaarden kan past alleen de historische beschouwingswijze, die door duidelijk te maken hoe alles zo geworden is als wij het thans in zijn verbijsterende complicatie beleven het juiste midden tussen verguizing en verheerlijking leert vinden. En hier vindt nu de wetenschapsgeschiedenis haar meest eigenlijke taak. Zij moet duidelijk maken hoe de exacte wetenschappen gegroeid zijn en hoe zij tot zulk een geweldige macht in de samenleving zijn geworden. Zij moet ten aanzien van deze ontwikkeling het probleem der onvermijdelijkheid stellen en trachten op te lossen; zij moet onderzoeken of de ontwikkeling ook anders had kunnen verlopen en zij zal, wanneer zij hierin slaagt, hetzij berusting schenken in wat blijkbaar niet anders heeft kunnen zijn, hetzij een bijdrage leveren tot de beantwoording van de naar aanleiding van de huidige situatie op te werpen schuldvraag, maar dan meteen ook middelen aan de hand kunnen doen om verbetering in die situatie te brengen.

Naast deze zeer hoog gestelde taak, die slechts door samenwerking in internationaal verband te vervullen zal zijn, bestaat er voor de wetenschapsgeschiedenis een andere, die eenvoudiger van aard maar niet minder belangrijk is. Onder de indruk van de zo duidelijk in het oog springende nadelige gevolgen van de sterke groei van natuurwetenschap en techniek is de schaal der waardering voor wat de exacte wetenschappen tot stand hebben gebracht van de sterk positieve uitslag die zij een vijftigtal jaren geleden nog algemeen vertoonde, bij velen even duidelijk naar de negatieve kant doorgeslagen. Het wordt thans tijd de aandacht te vestigen op de grote ideële waarde van het collectieve werk dat wiskunde en natuurwetenschap in de loop der eeuwen voor de verrijking van het menselijk geestesleven hebben verricht. Er bestaat wellicht geen ander gebied waarop de mensheid zo eendrachtig heeft samengewerkt en zoveel van blijvende waarde tot stand heeft gebracht; alle beschaafde volkeren der aarde, alle opvolgende generaties van geleerden hebben tot het gezamenlijk behaalde resultaat het hunne bijgedragen. De wetenschapsgeschiedenis kan daardoor de mens een heel wat aantrekkelijker en verheffender beeld van het verleden voor ogen voeren dan de militaire, de politieke en de economische geschiedenis vermogen te doen; deze hebben in hoofdzaak slechts van meedogenloze strijd te verhalen; in het tafereel dat de wetenschapsgeschiedenis ophangt ontbreekt de strijd weliswaar niet maar deze wordt altijd na kortere of langere tijd ten gunste van de waarheid beslist òf hij bestaat slechts in een edele wedijver ter bereiking van eenzelfde doel; de overheersende trek blijft echter altijd de vreedzame internationale samenwerking. Door een zonderlinge perversie gedreven heeft de mensheid te allen tijde meer aandacht, belangstelling, roem en eer gegund aan hen die haar in het ongeluk storten dan aan haar weldoeners; in overeenstemming hiermee worden reeds aan de schooljeugd de namen der eersten met evenveel zorg ingeprent als die der tweeden hun verzwegen worden. De beoefenaars der wetenschapsgeschiedenis willen op de onvermijdelijkheid van het eerste niets afdingen, maar zij beschouwen het tweede als een tekortkoming die onze tijd

zich minder dan een andere kan veroorloven. Het cultuurpessimisme is reeds zo ver voortgeschreden dat het bepaald nodig wordt uitdrukkelijk te wijzen op de hoge culturele, morele en intellecuele waarde van de wetenschappelijke arbeid die in het verleden verricht is. Voorzover de natuurwetenschap zich in onze dagen niet aan Mars verkocht heeft kan men eraan toevoegen: en thans verricht wordt.

Wanneer men de wordingsgeschiedenis der exacte wetenschappen overziet kan men daaraan zelfs een motief tot voldoening over het leven des geestes ontlenen. Het behoort tot de paradoxale trekken van de huidige culturele situatie dat deze uitspraak menigeen als een paradox in de oren moet klinken. Men is er waar zij gedaan wordt maar al te vlug bij van hominisme, van mensverheerlijking, te spreken. Wie zo oordelen zullen echter goed doen te luisteren naar wat een denker die niemand van overschatting van het menselijke zal beschuldigen op dit punt te zeggen heeft. Blaise Pascal stelt in zijn onderscheiding van de drie orden, 'l'ordre du corps', 'l'ordre de l'esprit' en 'l'ordre de la charité', de tweede, waarin de intellectuele genieën werken des geestes verrichten, oneindig hoog boven de eerste, waarin zich de strijd om rijkdom en macht afspeelt en deze rangorde wordt in geen enkel opzicht te niet gedaan door de overweging dat zich op nog oneindig vaak oneindiger afstand boven het nog natuurlijke tweede rijk het bovennatuurlijke derde verheft. 'La grandeur des gens d'esprit est invisible aux rois, aux riches, aux capitaines, à tous ces grands de chair. Les grands génies ont leur empire, leur éclat, leur grandeur, leur victoire, leur lustre en n'ont nul besoin des grandeurs charnelles. Archimède ... n'a pas donné des batailles pour les yeux, mais il a fourni à tous les esprits ses inventions. Oh! qu'il a éclaté aux esprits.'[16*]

Wat Clio's stiefkind aan de dienaren der muze te vragen heeft laat zich het eenvoudigst in pascaliaanse termen formuleren als de wens dat zij zich door de diepgaande aandacht die zij altijd aan de geschiedenis van het eerste rijk hebben besteed en daaraan altijd zullen moeten blijven besteden, niet zullen laten weerhouden ook aan het tweede rijk in al zijn geledingen hun volle historische belangstelling te schenken.

Eindnoten:

1 Zie voor deze ontwikkeling: K. van Berkel, 'Wetenschapsgeschiedenis als brug tussen twee culturen', in: *Tijdschrift voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* II (1988) 126-136, in het bijzonder 127-132.

2 E.J. Dijksterhuiis, 'Amerikaanse indrukken', in: *De Gids* 120 (1957) II, 311-317, in het bijzonder 312.

3 E.J. Dijksterhuis, 'Aantekeningen en opmerkingen. Een braakliggend arbeidsveld?', in: *De Gids* 112 (1949) II, 229-230. Voor de reactie van Romein: *ibid*., III, 59-60.

4 De opmerkingen die Dijksterhuis over de methode van de wetenschapsgeschiedenis maakt zullen bij de inleiding op het volgende opstel aan de orde worden gesteld.

* 'universiteit van Padua': Dijksterhuis verwijst hier impliciet naar het werk van J.H. Randall jr., 'The development of scientific method in the School of Padua', in: *Journal for the history of ideas* I (1940) 177-206. Later verscheen: J.H. Randall jr., *The School of Padua and the emergence of modern science* (Padua, 1961). Zie ook: W.A. Wallace, *Prelude to Galileo. Essays in medieval and sixteenth-century sources of Galileo's thought* (Dordrecht-Boston, 1981).

* 'Plato's persoonlijk optreden': Dijksterhuis verwijst hier, weer impliciet, naar het later nog door hem ter sprake gebrachte boek van de marxist B. Farrington, *Greek science* (zie noot 13) waarin de reactionaire idealistische natuurfilosofie van Plato (en Aristoteles) als een beweging wordt

16 Pascal, *Pensées,* ed. Brunschvicg minor, fr. 793.

afgeschilderd die de ontwikkeling van een progressieve materialistische filosofie bij de pre-socratici voorgoed afbrak.

* ‘Spranger’: Eduard Spranger (1882-1963), Duits filosoof en pedagoog uit de geesteswetenschappelijke school van Wilhelm Dilthey die zich als hoogleraar in Berlijn en Tübingen vooral bezighield met de relatie tussen de individuele mens en de bovenindividuele cultuur.
* ‘Toute la philosophie’: ‘De hele filosofie is als een boom, waarvan de wortels de metafysica zijn, de stam de fysica is en de takken die uit de stam spruiten alle overige wetenschappen zijn, die zich laten herleiden tot de drie belangrijkste, te weten de geneeskunde, de mechanica en de zedeleer.’
* ‘conferentie van predikanten’: De bijeenkomst van predikanten in Oisterwijk vond plaats op 19 oktober 1950. Dijksterhuis had een week eerder voor de Katholieke Academische Kring in Amsterdam net een lezing gehouden over ‘Wis- en natuurkunde in het leven van Pascal’. Hetzelfde thema zou later onderwerp van een van zijn Akademieverhandelingen worden (hiervoor p. 69-104). Zie: Museum Boerhaave, Archief Dijksterhuis, inv. nr. 121.
* ‘klassieke vorming’: Dijksterhuis meende dat als het wiskunde-onderwijs op de α-afdeling van het gymnasium zou geschieden aan de hand van de oorspronkelijke teksten van bijvoorbeeld Euclides, dit onderwijs zowel de wiskundige vorming als de kennis van het Grieks ten goede zou komen. Zie ook: E.J. Dijksterhuis, ‘De wiskunde op het a-gymnasium’, in: *Euclides* 28 (1952-1953) 103-115.
* ‘cultural lag’: De term ‘cultural lag’ is in 1922 ingevoerd door de Amerikaanse socioloog W.F. Ogburn en werd voordat C.P. Snow de frase ‘the two cultures’ muntte vrij algemeen gebruikt om hetzelfde verschijnsel aan te duiden (hoewel het strikt genomen om twee verschillende zaken ging).
* ‘La grandeur’: ‘De grootheid van de mensen van de geest is onzichtbaar voor koningen, voor rijken, voor legerhoofden, voor alle hooggezetenen. De grote genieën hebben hun eigen rijk, hun luister, hun grootheid, hun overwinning, hun glans en hebben de stoffelijke grootheden niet nodig. Archimedes ... liet geen veldslagen opvoeren, maar hij schonk zijn uitvindingen aan alle mensen van de geest. O, hoe heeft hij geschitterd voor de geesten!’

Doel en methode van de geschiedenis der exacte wetenschappen

De wetenschapsgeschiedenis mocht dan volgens Dijksterhuis Clio's stiefkind zijn, zelf was hij als wetenschapshistoricus onder de literatoren en historici van de jaren vijftig volledig geaccepteerd. Onder de historici was het vooral de Utrechtste hoogleraar Pieter Geyl die zijn bewondering voor het werk van Dijksterhuis niet onder stoelen of banken stak. Geyl en Dijksterhuis hebben elkaar goed leren kennen in de Akademie van Wetenschappen en het is ook ontegenzeggelijk Geyl geweest die ervoor gezorgd heeft dat in 1952 de P.C. Hooftprijs aan Dijksterhuis werd toegekend. Toen Dijksterhuis op 21 mei van dat jaar ontvangen werd op het Muiderslot en daar het juryrapport aanhoorde waarin zijn boek *De mechanisering van het wereldbeeld* werd geprezen, herkende hij zinswendingen uit een brief die hij een jaar daarvoor van Geyl had ontvangen.[1] Het is waarschijnlijk ook Geyl geweest die mede ervoor gezorgd heeft dat Dijksterhuis in Utrecht als hoogleraar werd benoemd.

De bewondering was wederzijds. Dijksterhuis beschouwde Geyl als de beste historicus van Nederland. Meer dan de door hem maar matig gewaardeerde Romein benaderde Geyl het ideaalbeeld dat Dijksterhuis van de historicus had en waarin een afkeer van systeembouw en een bereidheid om zich te verplaatsen in een vreemde denkwereld zonder meteen het kritisch oordeel in te leveren een centrale plaats innemen. In *De Gids*, waar Geyl in de jaren dertig nog een gespannen verhouding mee had, kreeg de Utrechtse historicus van Dijksterhuis alle ruimte om zijn artikelen te publiceren en in de jaren vijftig heeft Dijksterhuis in hetzelfde tijdschrift vrijwel alle boeken en bundels van Geyl besproken of aangekondigd, onveranderlijk in lovende termen. Het steeds terugkerende thema in die besprekingen was dat de attitude die Geyl tegenover het verleden innam door alle historici nagevolgd zou moeten worden.[2]

Ook in de inaugurele rede die Dijksterhuis in 1953 uitsprak over doel en methode van de geschiedenis van de exacte wetenschappen klinkt de bewondering voor Geyl door, niet alleen in de persoonlijke woorden die Dijksterhuis aan het slot tot zijn collega richt, maar ook in de omschrijving van de methode die hij voor de wetenschapsgeschiedenis aanbeveelt. Dijksterhuis onderscheidt, op overeenkomstige wijze als in *Clio's stiefkind*, de evolutionistische methode van de fenomenologische methode. Deze termen, waarvan de eerste aan de biologie en de tweede aan de vergelijkende godsdienstwetenschap is ontleend (de laatste term verraadt misschien de invloed van de Groningse godsdiensthistoricus G.J. van der Leeuw), worden tegenwoordig niet meer gebruikt. Hedendaagse historici maken liever een onderscheid tussen de positivistische en de historistische benadering, waarbij weer de eerste term geassocieerd wordt met de natuurwetenschappen en de tweede met de cultuurwetenschappen. In het eerste geval is men alleen geïnteresseerd in de oudere natuurwetenschap voor zover deze een positieve betekenis heeft gehad voor de

groei van de kennis en beoordeelt men de oudere wetenschap naar de maatstaven van de huidige stand van de wetenschap. In het tweede geval probeert men de oudere wetenschap meer in haar eigen termen te beoordelen en een beoordeling vanuit de hedendaagse stand van onze kennis zoveel mogelijk te vermijden.

Met de professionalisering van de wetenschapsgeschiedenis vond ook een vervanging van het positivistische door het historistische perspectief plaats en zo vanzelfsprekend als eens het eerste was werd nadien ook het tweede. In dat licht is het opmerkelijk dat Dijksterhuis er genuanceerder over dacht. Speciaal in *Clio's stiefkind* wees hij erop dat het fenomenologische standpunt weliswaar hoger moet worden gewaardeerd dan het evolutionistische, maar dat het laatste standpunt niet geheel verworpen moet worden. De drang om te weten hoe in het verleden gebouwd is aan het geheel van kennis waar we nu over beschikken is een legitieme drijfveer voor historisch onderzoek, die echter, wil men er verantwoorde resultaten mee kunnen bereiken, in toom gehouden moet worden door de correcties van de fenomenologische methode. Sterker nog, alleen de evolutionistische instelling levert voldoende energie en inspiratie om langdurig wetenschapshistorisch onderzoek uit te voeren; op den duur zou een fenomenologische instelling alleen niet voldoende zijn.

Het merkwaardige is nu dat met dit standpunt Dijksterhuis een positie innam die tegenwoordig weer meer en meer door wetenschapshistorici wordt ingenomen die ook de beperkingen van de historistische aanpak hebben leren kennen. Men erkent tegenwoordig weer dat de uiteindelijke ratio voor de wetenschapsgeschiedenis de groei van de wetenschap is, zodat het opsporen van de voorstadia van de huidige wetenschap als zodanig legitiem is. Bovendien is de invloed van het wetenschappelijk relativisme zozeer teruggedrongen dat men ook weer oordelen durft te vellen over de rationaliteit van oudere wetenschap. Sommigen gaan nog verder en betogen - met enig recht - dat de overheersende positie van de historistische methode de wetenschapsgeschiedenis behalve goed ook kwaad gedaan heeft. Het oude positivistische ideaal van de zegetocht der mensheid door middel van wetenschap en techniek fungeerde tenminste nog als integrerende, samenbindende gedachte voor de gehele geschiedenis van de wetenschap, en op basis daarvan konden synthetiserende werken tot stand gebracht worden die de wetenschapsgeschiedenis naar buiten brachten. De ongetwijfeld professionelere historistische benadering is veel sceptischer en relativerender en mist daardoor wellicht de kracht om een synthese tot stand te brengen. Het gevaar is daardoor niet denkbeeldig dat een steeds professionelere wetenschapsgeschiedenis steeds minder makkelijk buiten de enge kring van specialisten kan treden en daardoor haar culturele taak moet opgeven of moet overlaten aan schrijvers met minder scrupules.[3]

Dat laatste zou Dijksterhuis zeer betreurd hebben, want hoezeer hij ook een voorstander was van een professionele, genuanceerde geschiedschrijving met behulp van de fenomenologische methode, de culturele taak van de wetenschapsgeschiedenis stond bij hem toch voorop. De taak van de wetenschapsgeschiedenis was niet het vermeerderen van de kennis van de ontwikkeling van de wetenschap als zodanig, maar het vergroten van het inzicht in de betekenis van de natuurwetenschap voor cultuur en samenleving en daarmee het overbruggen van de heilloze kloof die er in de westerse cultuur was ontstaan tussen de literaire en de natuurwetenschappelijke cultuur. In de rede zelf komt dat laatste element misschien niet zo nadrukkelijk aan de orde, maar des te meer gebeurt dat in de rechtstreeks tot zijn gehoor gerichte woorden aan het slot. Vooral wat hij te zeggen heeft tot de studenten uit de natuurwetenschappelijke en de literaire faculteit

springt daarbij in her oog. Helemaal op het laatst spreekt hij een soort credo uit dat voor zijn hele leven heeft gegolden. Hij heeft immers altijd willen zijn wat hij in die laatste regels met een beeldspraak aanduidt, een veerman tussen twee culturen.

Doel en methode van de geschiedenis der exacte wetenschappen

Mevrouw en mijne heren curatoren, Dames en heren hoogleraren, lectoren en privaatdocenten, Dames en heren leden van de wetenschappelijke staf, Dames en heren studenten en voorts u allen die deze plechtigheid met uw tegenwoordigheid vereert.

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Zolang de geschiedenis van de wiskunde en de natuurwetenschappen een lief-hebberij van enkele beoefenaren van die vakken was, vond zij in de belangstelling die zij bij deze enkelingen opwekte, haar volledige rechtvaardiging. Nu zij echter op verscheidene plaatsen in tal van landen als officieel bestanddeel van het universitaire onderwijs erkend gaat worden en daarbij niet alleen in de Faculteit van Wis- en Natuurkunde aandacht vraagt maar zich ook tot andere categorieën van studenten richt, ontstaat voor haar de verplichting haar bestaansrecht aan te tonen, de vraag naar het doel dat zij zich stelt te beantwoorden, de redenen die dit doel nastrevenswaard maken uiteen te zetten, de wegen die zij ter bereiking van dit doel wil bewandelen aan te wijzen. Het is over deze algemene problematiek van doel en methode van de geschiedenis der exacte wetenschappen dat ik in dit uur enkele beschouwingen wil houden.

Ik ga daarbij uit van het fundamentele feit dat deze geschiedenis handelt over een verschijnsel dat zich, voorzover wij weten, in andere culturen dan die men de westerse pleegt te noemen niet heeft voorgedaan. Vorming van menselijke gemeenschappen heeft overal en te allen tijde plaatsgehad; conflicten tussen die gemeenschappen zijn steeds weer gerezen; steeds en alom heeft de mens zich geuit in religie, in wijsgerig denken, in beeldende kunst, muziek, dans en poëzie; op al deze gebieden is daardoor vergelijkende studie mogelijk. De mathematisch-empirische natuurwetenschap, die tot technische natuurbeheersing voert, vormt echter een verschijnsel *sui generis*, dat in de loop van de laatst verstreken vier eeuwen in steeds stijgende mate kenmerkend is geworden voor West-Europa en de daarvan, historisch gesproken, cultureel afhankelijke gebieden. Het woord van de Prediker dat er niets nieuws is onder de zon, wordt hier gelogenstraft. Er ís iets nieuws: de mens is een ontzaglijk avontuur begonnen, dat zijn weerga in de geschiedenis niet heeft en waarvan

de uitwerking op alle terreinen des levens reeds merkbaar is en steeds meer merkbaar zal worden. Is het verwonderlijk dat het historisch zintuig door dit unieke proces wordt aangedaan, dat er behoefte ontstaat de lijnen waarlangs het tot dusver verlopen is vast te stellen, dat er aandacht wordt gewijd aan de invloeden die het tot dusver heeft uitgeoefend en ondergaan? De in onze tijd te constateren verlevendiging van de belangstelling in de geschiedenis van wiskunde en natuurwetenschap is dan ook geen toevallig verschijnsel: zij vormt een natuurlijk uitvloeisel van het groeiend besef van de essentiële betekenis die deze vakken, zowel in materiële als in spirituele zin, voor de samenleving bezitten.

Zijn dus wiskunde en natuurwetenschap enerzijds en hun geschiedenis anderzijds ten nauwste aan elkander gekoppeld zolang er sprake is van betekenis, van belang, zo bestaat die koppeling niet, althans niet wezenlijk meer, zodra over die betekenis een waardeoordeel moet worden uitgesproken. De mathematisering der natuurwetenschap en de machinisering der maatschappij, deze twee zo uiterst belangrijke kenmerken van onze hedendaagse cultuur, die men slechts ten koste van de helderheid van het denken onder de ene naam mechanisering kan samenvatten[1], vormen wegens de gevolgen die zij voor het wel en wee der menselijke samenleving met zich mee brengen, geen neutrale verschijnselen die men objectief en zonder emotie kan vaststellen zonder zijn persoonlijke positie daartegenover te bepalen. De ervaring leert dat die positie tussen de uitersten van onvoorwaardelijk instemmende aanvaarding en ongenuanceerde verwerping varieert. Deze uitersten mogen praktisch niet voorkomen, de spreiding in het waardeoordeel blijft sterk genoeg: waar de een innige voldoening over de triomftocht van wetenschap en techniek gevoelt en tot uiting brengt, legt de ander diepe bezorgdheid aan de dag over de toekomst waar die triomftocht ons nog heen kan voeren. Dit verschil in waardering van de bloei der exacte wetenschappen zelf brengt echter generlei consequenties met zich mee voor de beoordeling van haar geschiedenis: te begrijpen hoe zij tot zo indrukwekkende ontplooiing gekomen is, is even belangrijk voor wie ze als een zegen voor de samenleving beschouwt en op grond daarvan haar krachtiger beoefening bepleit als voor wie er niet veel minder dan een ramp voor de mensheid in ziet en heimelijk terugverlangt naar tijden waarin men minder van de natuur wist en haar krachten in mindere mate in zijn dienst had.

Het zal hierdoor reeds duidelijk zijn waarom de geschiedenis van de exacte wetenschappen nooit beschouwd zal kunnen worden als een aangelegenheid die uitsluitend beoefenaren van deze vakken aangaat; daarvoor grijpen deze zelf te diep in ieders leven in, doordringen zij te diep ieders denken. Haar

1 E.J. Dijksterhuis, ‘Die Mechanisierung des Weltbildes’, in: *Veröffentlichungen der Gesellschaft für internationale Wissenschaftsgeschichte, Sitz Bremen*. 1952. Heft 1. Bremen 1953. [Deze bundel p. 169-192.]

zelfstandige beoefening, die een mathematische en natuurwetenschappelijke scholing vereist, zal als regel wel aan de Faculteit van Wis- en Natuurkunde voorbehouden moeten blijven; de kennisneming en overweging van haar resultaten echter is voor een veel wijdere kring van belang: voor de vakhistoricus, die niet onverschillig kan blijven voor de wijze waarop een macht die het wereldgebeuren in steeds toenemende mate beheerst, in het aanzijn is gekomen; voor de classicus, die bij voldoende ruime opvatting van de studie der antieke cultuur niet voorbij kan gaan aan de daar ontspringende stromen van wiskundig denken en wetenschappelijke natuurbeschouwing, die zowel een kenmerkende trek van de Griekse geest als een der voornaamste bronnen van de hedendaagse cultuur vormen; voor de filosoof, die de oudere fasen van zijn eigen vak onontwarbaar met die van de wis- en natuurkunde verstrengeld vindt en in de jongere menig belangrijk contactpunt kan opmerken, terwijl de door historisch onderzoek aan het licht gebrachte gegevens aangaande de methoden van het mathematisch en natuurwetenschappelijk denken hem het belangrijkste materiaal voor zijn kenkritische beschouwingen leveren; voor de socioloog, die in een der takken van zijn rijk gevarieerde werkzaamheid de voor beide partijen essentiële relatie tussen wetenschap en maatschappij in het oog vat; voor de theoloog, die zich geboeid moet voelen door de menigvuldige contacten, spanningen en conflicten tussen godsdienst en wetenschap, waarvan de geschiedenis van vrijwel iedere tak van natuurwetenschappelijk denken te berichten heeft en die zich in onze tijd in steeds toenemende mate genoodzaakt ziet zijn standpunt ten aanzien van de groeiende overheersing van menselijk leven, voelen en denken door natuurwetenschappelijke en technische invloeden te bepalen.

Hoe groter echter de verscheidenheid der categorieën studerenden wordt tot wie de geschiedenis der exacte wetenschappen iets te zeggen meent te hebben, des te dringender wordt ook haar verplichting klaarheid te schenken over de vele vragen inzake doel en methode die men haar kan stellen en de bezwaren te weerleggen die men zo lang tegen haar aanspraken heeft aangevoerd en die in onze tijd, hoewel ze minder luid worden geuit, nog lang niet overwonnen zijn.

Er is onder die bezwaren een dat zeer ernstige overweging verdient en waarmee iedere beoefenaar van de geschiedenis van enige wetenschap noodzakelijk met zichzelf in het reine moet trachten te komen. Men kan het wellicht het best duidelijk maken door aan te knopen bij een van de vele briljante aforismen over wetenschapsbeoefening die in de verhandelingen *De l'esprit géométrique*[2] en *Fragment d'un traité du vide*[3] van Blaise Pascal zijn aan te treffen. Hier als elders een onvergetelijke vorm verlenend aan gedachten die men ook bij andere denkers van zijn tijd kan aantreffen en ze daardoor

2 Blaise Pascal, *Pensées et Opuscules*; ed. L. Brunschvicg (Parijs, z.j.[19]) p. 164-196.
3 *Ibidem*, p. 74-83.

ongewild usurperend, wijst hij in het tweede van deze geschriften op het principiële verschil tussen mens en dier dat hierin bestaat dat de resultaten van het menselijk denken zich opstapelen, terwijl het dierlijk instinct altijd in dezelfde staat blijft. De hexagonale cellen der bijen waren duizend jaar geleden even goed gebouwd als tegenwoordig; de natuur onderwijst het dier wanneer de nood ertoe dwingt; maar het fragiele weten dat zij schenkt, gaat met de behoefte eraan teloor; zij schenkt het om te beletten dat de dieren te gronde zouden gaan, maar zij staat niet toe dat er iets aan wordt toegevoegd, opdat zij de hun gestelde grenzen niet zullen overschrijden. 'Il n'en est pas de même de l'homme, qui n'est produit que pour l'infinité'[4*] dat wil zeggen aan wiens geestelijke ontplooiing geen grenzen gesteld zijn. In onwetendheid begonnen ontwikkelt zich zijn geest in gestadige groei doordat hij, behalve van eigen ondervinding, partij kan trekken van wat hij van zijn voorgangers leert en de eenmaal verworven kennis in zijn geheugen kan vasthouden. Wat zo in ieders leven gebeurt, het van dag tot dag vorderen in kennis en inzicht, vindt ook plaats in de successie der mensen door de eeuwen heen: 'De sorte que toute la suite des hommes, pendant le cours de tant siècles, doit être considérée comme un même homme qui subsiste toujours et qui apprend continuellement.'[5*]

Het hier onovertrefbaar uitgesproken inzicht in het cumulatief-progressieve karakter van de menselijke wetenschapsbeoefening ligt als een steen des aanstoots op de weg van iedere wetenschapshistoricus die zich van het bestaansrecht van zijn vak rekenschap tracht te geven. Wanneer Pascals beschouwing juist is - en wie zou eraan twijfelen wanneer hij ziet hoe alle wetenschappelijke resultaten die in enige periode der ontwikkeling bereikt worden, voorzover zij bruikbaar blijken, in het denken van de later komende generaties voortleven en daarbij een steeds eenvoudiger en overzichtelijker vorm aannemen? - schijnt er voor de beoefening van de geschiedenis van een wetenschap evenmin aanleiding te bestaan als de individuele mens een motief heeft zich, nadat hij eenmaal in het bezit van een inzicht of een vaardigheid gekomen is, nog eens weer te gaan inleven in de tijd waarin dat inzicht hem nog verborgen was of hij zich die vaardigheid nog niet eigen had gemaakt. Waartoe dan wetenschapsgeschiedenis, waar toch uit het eigen karakter van wetenschap de overbodigheid van haar geschiedenis lijkt voort te vloeien?

Men kan op deze inderdaad ernstige tegenwerping op twee verschillende manieren reageren. Men kan ten eerste op de vraag: waartoe wetenschapsgeschiedenis? een van die algemene antwoorden geven die er niet minder geldig om zijn, dat zij eigenlijk niet meer doen dan de feitelijkheid van het te verklaren verschijnsel nog eens vaststellen. Het luidt: omdat de geestelijk levende mens op elk terrein waarop hij zich beweegt nu eenmaal de historische behoefte eigen is, omdat hij nu eenmaal weten wil hoe alles zo geworden is als

4 *Ibidem*, p. 79.
5 *Ibidem*, p. 80.

hij het aantreft, welke begeerte zich niet laat doven door de verstandelijke overweging dat dit hem op het gebied der wetenschap toch eigenlijk niet behoeft te interesseren en dat hij er bij de beoefening van zijn vak geen enkel aanwijsbaar voordeel van zal kunnen verwachten.

De vraag: waartoe wetenschapsgeschiedenis? is dus eigenlijk slechts een bijzonder geval van de algemenere: waartoe geschiedenis? En wanneer men daarop een antwoord geeft: zo is de mens, heeft men tegelijkertijd zich afdoende van zijn taak gekweten èn een van de diepste menselijke wezenstrekken aangegeven; het is zijn onuitroeibare gevoel schakel van een keten te zijn, verbindend lid tussen wie hem zijn voorafgegaan en wie op hem zullen volgen, tegelijk einde en begin, met de daaruit voortvloeiende opdracht om, waar de toekomst onkenbaar is, van het verleden echter althans de herinnering is overgebleven, die herinnering in stand te helpen houden. Schopenhauer heeft de mens om zijn onblusbare metafysische behoefte als *animal metaphysicum* betiteld[6]; met evenveel recht kan men hem echter een *animal historicum* noemen en daarin kort de quintessens van het door Pascal aangegeven verschil tussen mens en dier uitspreken: de mens weet van zijn verleden en is zich van dit weten bewust.

Het tweede middel om aan de denkverlegenheid waarin Pascals beschouwing ons gestort heeft te ontkomen, bestaat daarin dat men de consequentie waartoe zijn overweging schijnt te voeren ontkent. Vooreerst: toegegeven, dat alles wat in het verleden van een wetenschap waarde had vanzelf in het hedendaagse denken voortleeft, volgt daaruit dan dat men dat verleden dus ook wel kan vergeten? Het is tenslotte toch het verleden dat voortleeft en de huidige wetenschap naar inhoud en uitdrukkingswijze mede bepaalt, zodat wie de laatste in haar doelstelling, haar methoden, haar terminologie en haar notatie volledig wil verstaan, met aandachtige bestudering van het eerste niet dan gebaat kan zijn. En hoe staat het verder met die bestanddelen van het verleden van een wetenschap die voor haar tegenwoordige fase in die zin geen waarde meer hebben dat zij niet meer als juist of als belangrijk erkend worden en dus niet voortleven? Zou de geschiedenis der wetenschap niet reeds gerechtvaardigd zijn wanneer zij ons alleen maar duidelijk maakte langs welke wegen men niet vooruit heeft kunnen komen en hoe vaak het is voorgekomen dat vroegere resultaten door een verandering van de blikrichting hun waarde verloren hebben en in vergetelheid zijn geraakt? De wetenschapsgeschiedenis mag er zich niet toe beperken slechts van successen te verhalen; zij moet ook voor dwalingen oog hebben. Want vooreerst kan het oordeel over wat succes, wat dwaling was, met de tijd veranderen; maar bovendien kan zelfs iets dat onherroepelijk waardeloos is gebleken de moeite van het bestuderen zeer wel waard zijn. Dit is met name het geval wanneer wij daardoor een weg leren

6 A. Schopenhauer, *Die Welt als Wille und Vorstellung*. Teil II. Kap. 17. *Ueber das metaphysische Bedürfniss des Menschen* (Grossherzog Wilhelm Ernst Ausgabe, Leipzig, z.j.) II 877.

kennen waarop het menselijk denken in zijn eerste confrontatie met de natuur, waarvan ons nu eenmaal generlei kennis is aangeboren, spontaan wel verdwalen moest, en zodoende een dieper inzicht in de psychologie van het denken verkrijgen. Dat het axioma *cessante causa cessat effectus* (als de oorzaak ophoudt, houdt ook het gevolg op) met zijn consequentie dat op hetzelfde ogenblik waarop de oorzaak die een lichaam in beweging heeft gebracht ophoudt te werken, ook de verkregen snelheid, als *effectus* van die *causa* geduid, verdwijnen moet, twintig eeuwen lang de geesten heeft kunnen beheersen; dat men gedurende een even lange tijd de eenparigheid en cirkelvormigheid van de werkelijke bewegingen der hemellichamen als een onaantastbaar axioma heeft kunnen beschouwen en van de samenstelling van alle stoffen uit vier elementen met karakteristieke bewegingstendenties overtuigd heeft kunnen blijven, deze en talloze andere onhoudbaar gebleken opvattingen zijn voor wie de relatie van het menselijk denken tot de natuur volledig wil leren kennen, belangrijke historische feiten, waarvan de waarde nog verhoogd wordt door de overweging dat veelal het historisch ontwikkelingsproces van de natuurwetenschap zich in het individuele denken van huidige beginnelingen in versneld tempo opnieuw afspeelt.

Na aldus triomfantelijk de pascaliaanse aporie te boven te zijn gekomen, stelt de verdediger der wetenschapsgeschiedenis zich vol zelfvertrouwen open voor alle vragen die hem nog gesteld kunnen worden: wat beoogt u? Wat belooft u? Hoe wilt u uw doel bereiken?

Niet onberoerd gebleven door de hedendaagse historische kenkritiek, kan hij op de eerste vraag niet een enkelvoudige, door geen restricties beperkt antwoord geven. Maar het eerste dat hem naar de keel welt en dat hij in vol bewustzijn van de kritiek die het zal uitlokken uitspreekt, is het reeds zo vaak herhaalde maar in zijn sublieme eenvoud nog steeds zo treffende woord van Leopold kRanke: ‘sagen, wie es eigentlich gewesen’.[7]

De kritiek zet onmiddellijk in: verbeeldt u zich werkelijk dat het verleden exact reconstrueerbaar is? Is het niet reeds boud gesproken wanneer men het benaderbaar noemt? Meent u waarlijk dat, ook al stond een overvloed van bronnen tot uw beschikking, waarin u op goede gronden vertrouwen stelt, het mogelijk zou zijn de invloed van die van uw eigen persoonlijkheid, uw opvoeding, uw individuele belangstellingsrichting, uw tijd, uw maatschappelijke klasse op keuze en interpretatie van het materiaal uitgaat, te elimineren?

Op dit complex van vragen past opnieuw niet een enkel antwoord. Wel kan echter dadelijk worden opgemerkt dat er in de geschiedenis der exacte wetenschap gevallen zijn waarin men een stuk verleden werkelijk exact, dat wil zeggen zonder een beroep op de fantasie te doen en zonder genoodzaakt te zijn

7 Leopold Ranke, *Geschichte der romanischen und germanischen Völker von 1494 bis 1535* (Leipzig und Berlin, 1824) Vorrede VI.

met de mogelijkheid van interpretatieverschil rekening te houden, opnieuw kan beleven. Dit is het geval waar wij een volledige tekst van een mathematisch werk bezitten, waarvan wij de redeneringen volkomen kunnen volgen èn juist bevinden. Men mene niet dat dit een uitzonderlijk geval is: de werken van Euclides, Archimedes, Apollonius en talrijke andere Griekse mathematici zijn er voorbeelden van. Er kunnen filologisch gesproken onzekere plaatsen in de tekst voorkomen, maar in de regel staan zij het begrijpen van de mathematische inhoud niet in de weg, omdat deze door het uitgangspunt en de onveranderlijke structuur van het logisch denken bepaald is. Het beroemde woord dat Pascal aan Fermat schreef toen het bleek dat deze langs een andere weg tot dezelfde antwoorden op de door De Méré opgegeven vraagstukken over kansrekening was gekomen als hijzelf: 'Je voy bien que la verité est la mesme à Tolose et à Paris'[8*], geldt ook voor de mathematische waarheid bij Babyloniërs, Egyptenaren en Hellenen en die van ons. Het maakt juist een van de bekoringen van de studie der antieke wiskunde uit dat er, gans anders dan wanneer het om de natuurwetenschap van diezelfde tijden gaat, generlei dislocatie van de geest, ten hoogste een aanpassing aan zekere formele eigenaardigheden, vereist wordt om een antiek werk te kunnen lezen en met de auteur te kunnen meedenken.

De overtuiging van de wezenlijke overeenstemming tussen het denken van wiskundigen in alle tijden en op alle plaatsen gaat zelfs zo ver dat mathematici die zich met antieke wiskunde bezighouden, in geval van een door de teksten of door mededelingen van anderen volledig gewaarborgde foutieve conclusie in het werk van een wiskundige die van competentie overvloedig heeft blijk gegeven, eerder geneigd zijn de autoriteit der bronnen te verwerpen dan toe te geven dat de auteur een fout heeft gemaakt. Een typerend voorbeeld hiervan doet zich voor bij de beoordeling van het werk van de Griekse wiskundige Hippokrates van Chios, die, waarschijnlijk tegen het einde van de vijfde eeuw v. Chr., een verhandeling over maantjes, dat zijn sikkelvormig door twee cirkelbogen begrensde figuren schreef, waarin hij voor drie verschillende daarvan de mogelijkheid van kwadratuur, dat wil zeggen van constructie van een vierkant met even grote oppervlakte, aantoonde.[9] Van die drie speciale maantjes was de buitenomtrek opvolgend een halve cirkel, een cirkelboog groter en een kleiner dan een halve cirkel. Uit een mededeling in de *Physica* van Aristoteles[10], die de commentator Simplicius aanleiding gaf uitvoerig over de onderzoekingen van Hippokrates te berichten[11] en ze zodoende voor het nageslacht te bewaren, schijnt nu te moeten worden afgeleid dat, toen Hippo-

8 Blaise Pascal, brief aan Fermat van 29 juli 1654, in: *Oeuvres Complètes*, ed. L. Brunschvicg, III, 382.
9 E.J. Dijksterhuis, *De Elementen van Euclides*. I (Groningen 1929) Hoofdstuk III.
10 Aristoteles, *Physica* 1 2; 185a 14-17.
11 *Simplicii in Aristotelis Physicorum libros quattuor priores commentaria*, ed. H. Diels (Berlijn, 1882) p. 61-68.

krates er ook nog in slaagde de kwadratuur van een figuur bestaande uit een cirkel en een bepaald maantje uit te voeren, hij gemeend zou hebben dat hem nu ook de kwadratuur van de cirkel gelukt was. Die conclusie zou natuurlijk onjuist zijn geweest; immers zijn inleidende stellingen hadden betrekking op drie speciale maantjes, die geen van drieën identiek waren met het eveneens speciale maantje dat met een cirkel samen in een vierkant was omgezet. Over het algemeen hebben nu echter de historici der wiskunde eenvoudig geweigerd aan een zo uitmuntende vakgenoot als Hippokrates zich in zijn andere stellingen toont, zulk een krasse denkfout toe te schrijven.[12] Natuurlijk gaat hier de collegialiteit te ver. Wanneer echter Archimedes in het bewijs van de éénentwintigste propositie van zijn werk *Over conoïden en sphaeroïden* midden in een van die altijd feilloos verlopende gecompliceerde dubbele indirecte bewijzen, die bij hem de functie van een limietovergang vervullen, van twee grootheden beweert dat zij gelijk zijn, terwijl een oppervlakkige beschouwing reeds doet inzien dat dit niet waar is[13], zal wel niemand willen geloven dat hij dit werkelijk zo geschreven heeft, te meer omdat zoals kort geleden kon worden aangetoond[14], de zaak door een geringe tekstwijziging in orde kan worden gebracht. Het zal overigens duidelijk zijn op welk een gevaarlijk terrein wij ons hier bevinden en de historici der wiskunde zijn er dan ook niet steeds in geslaagd de hier dreigende methodische fouten te vermijden. Naast de neiging kennelijke onjuistheden op grond van gebleken competentie weg te praten, kan de lichtvaardigheid worden genoemd waarmee men vaak aan een auteur die blijk geeft een bepaalde stelling te kennen, nu ook maar de kennis van andere resultaten heeft toegeschreven die ons voorkomen eenvoudige corollaria daarvan te zijn of een onmisbare schakel in haar afleiding te vormen.

Waarborgt dus de identiteit van het mathematisch denken in het algemeen wel de exactheid van een reconstructie van het verleden waar het om de feitelijke inhoud van de bestudeerde werken gaat, zo komt de zaak natuurlijk wel heel anders te liggen wanneer wij willen begrijpen welke motieven de Griekse wiskundigen ertoe gedreven kunnen hebben hun wiskunde zo en niet anders op te bouwen, zich juist met deze vraagstukken bezig te houden en andere, die ons belangrijker of meer voor de hand liggend toelijken, te veronachtzamen, of wanneer er gevraagd wordt naar de oorzaken waardoor hun vak, na in betrekkelijk korte tijd een ontzagwekkende hoogte te hebben bereikt, zich niet verder heeft ontwikkeld en het eenmaal bereikte zelfs niet heeft kunnen behouden. Wij zijn dan op hypothesen aangewezen en er is niet

12 J.L. Heiberg, *Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften im Altertum* (I.v. Müller, *Handbuch der Altertumswissenschaft* V 1, 2; München, 1925) p. 7.

13 E.J. Dijksterhuis, 'Archimedes. II' in: *Euclides* 15 (1938-39) p. 118.

14 In een nog ongepubliceerde verhandeling van S. Heller, 'Ein Fehler in einer Archimedes-Ausgabe, seine Entstehung und seine Folgen'. [Verschenen in: *Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften* 63 (1954) 3-39.]

zo heel veel zelfkritiek voor nodig om in te zien dat die hypothesen noodzakelijk mede door ons eigen gezichtspunt en door de stand van onze eigen wiskundige kennis bepaald zijn.

Ook het waardeoordeel dat men over een antieke mathematische prestatie velt hangt daarvan in sterke mate af: nadat het elementenwerk van Euclides twintig eeuwen lang als de onaantastbare, ten hoogste in het parallellen-postulaat door een enkele vlek ontsierde grondslag voor de gehele meetkunde beschouwd is, zien wij thans in het licht van de niet-euclidische meetkunden en van de moderne axiomatica heel anders: als een werk van onvergankelijke historische betekenis, maar dat de fundamentele functie waarvoor het bestemd was in de hedendaagse wiskunde niet meer kan vervullen.

Veel geringer dan voor de wiskunde is natuurlijk de mogelijkheid van exacte reconstructie van het verleden waar het erom gaat wetenschappelijke redeneringen te volgen en weer te geven die de tegenwoordige wetenschap niet meer als juist erkent, zoals dat in de Griekse en middeleeuwse fysica en chemie zo vaak het geval is. Hier valt het hulpmiddel van de interne verificatie, dat in de geschiedenis der wiskunde ter beschikking staat, weg en ondanks alle moeite die men zich geeft zich in de denkwijze van het beschouwde tijdvak te verplaatsen, wordt de interpretatie onzeker.

Na zich aldus van de verdenking van kenkritische naïviteit te hebben gezuiverd, blijft de historicus der wis- en natuurkunde echter toch koppig vasthouden aan zijn eerste taakomschrijving: ‘sagen, wie es eigentlich gewesen’, wat dan voor zijn speciale gebied neerkomt op onderzoeken en uiteenzetten, omvangrijker en uitvoeriger dan tot dusver al geschied is, wat er vroeger vermoed, beweerd, gedacht, gevonden, bewezen is en zodoende de feitelijke grondslag zo niet te leggen dan toch uit te breiden en te verstevigen die wijsgerige beschouwingen over de ontwikkeling der exacte wetenschappen en sociologische over hun betekenis voor de samenleving eerst waarlijk vruchtbaar zal kunnen maken. Deze taak zal hem nog lang bezig kunnen houden: er is nog heel veel zuiver beschrijvend en interpretatief historisch werk te doen waarbij voor subjectieve meningsverschillen heel weinig aanleiding bestaat.

Het vaststellen van het verloop der historische ontwikkeling leidt onvermijdelijk tot een kritische beoordeling van die ontwikkeling. De historicus der exacte wetenschappen wil niet, zoals Ranke, ‘*bloss* sagen, wie es eigentlich gewesen’; van de andere twee door hem vermelde maar afgewezen opgaven, ‘die Vergangenheit zu richten, die Mitwelt zum Nutzen zukünftiger Jahre zu belehren’, zal hij de eerste gaarne op zich nemen, mits hij de beeldspraak van het rechtspreken vervangen mag door die van het kritisch keuren. Het kenmerkende van het historisch onderzoek op het gebied der exacte wetenschappen is immers dat men eigenlijk uitsluitend in aanraking komt met belangrijke persoonlijkheden, in vele gevallen zelfs met de grootste genieën die de mensheid bezeten heeft, met het gevolg dat het keuren herhaaldelijk

aanleiding geeft tot diepe bewondering en dat kritiek slechts in beperkte zin en met grote voorzichtigheid uitgeoefend zal mogen worden. De pretentie de wereld iets te kunnen leren dat haar voor haar toekomstig handelen tot voordeel zou kunnen strekken, zal hij echter even beslist afwijzen als Ranke het deed. De exacte wetenschappen worden niet vooruitgebracht door hen die terugzien; wanneer een baanbreker tevens historisch geïnteresseerd is, is hij dit slechts *per accidens*.

Kan men over al het tot dusver gezegde bij alle historici wel eenstemmigheid verwachten, ten aanzien van de gevolgen die de kritische beoordeling op de keuze van het te behandelen materiaal mag en moet hebben, scheiden zich de wegen. Hoewel erkennend dat het aanwijzen van in het verleden bewandelde dwaalwegen nog tot de taak van de historicus behoort, zijn velen van mening dat men dan ook met dat aanwijzen moet volstaan, maar de dwaalwegen zelf vooral niet nog eens opnieuw moet gaan betreden. Daartegenover stellen anderen, die voorlopig waarschijnlijk nog wel de minderheid zullen vormen, dat wie zijn taak voldoende ruim opvat zich ook dit tot plicht moet maken, dat hij zich dus zo goed mogelijk moet trachten in te leven in gedachtengangen die niet tot een voor ons nog aanvaardbaar resultaat hebben geleid, wanneer hij daardoor tot nauwkeuriger kennis of dieper begrip van een denkrichting kan bijdragen, de karakteristiek van een historische persoonlijkheid of een tijdvak uit het verleden kan verscherpen.

Het zeer aanzienlijke verschil tussen wat volgens de ene en wat volgens de andere zienswijze legitiem object van historisch onderzoek is, laat zich wellicht het allerduidelijkst demonstreren aan het voorbeeld van de astronoom Kepler. Volgens de eerste opvatting is Kepler voor de geschiedenis der astronomie van belang omdat hij drie wetten over planetenbeweging heeft uitgesproken, waarvan de eerste twee het verloop van de beweging van iedere planeet beschrijven, terwijl de derde een zekere orde in het planetenstelsel uitdrukt. Men houdt om de eerste twee wetten zijn *Astronomia nova* en om de derde zijn *Harmonice mundi* in hoge ere.[15] Echter, men strekt de waardering in de regel niet zover uit dat men het nodig vindt hem te vergezellen op de wonderlijke dwaaltocht die hem in het eerste werk na eindeloos zoeken en proberen als het ware bij verrassing tot het inzicht leidt dat een planeet een ellips beschrijft waarvan een der brandpunten door de zon wordt ingenomen, en dat de voerstraal zon-planeet daarbij in gelijke tijden gelijke perken doorloopt; en het tweede werk raadpleegt men niet verder dan op de plaats waar betrekkelijk terloops en zonder veel samenhang met de overige inhoud wordt meegedeeld dat de vierkanten van de omloopstijden der planeten zich verhouden als de derde machten van de halve grote assen van hun banen.[16] Wat er

15 Johannes Kepler, *Gesammelte Werke*. III. *Astronomia nova* ed. Max Caspar (München, 1937) VI. *Harmonice mundi*, ed. Max Caspar (München, 1940).

16 *Ibidem* VI 302.

verder in staat, uitvoerige pythagoreïsche speculaties over het verband van de planetenbeweging met de aritmetica der muziek, wordt als voor een modern wetenschappelijk mens ongenietbaar terzijde gelaten.

Van het tweede standpunt uit ziet men dat gans anders: men interesseert zich hier niet alleen voor de juist gebleken resultaten van Keplers werk, maar ook voor de wijze waarop hij deze bereikt heeft en, vooral, voor zijn wetenschappelijke en menselijke persoonlijkheid. Men heeft aandacht voor de exuberante fantasie die hem steeds weer nieuwe denkbeelden over de wereldharmonie voortovert, voor zijn onvermoeibaar streven aan die denkbeelden een mathematische vorm te verlenen, voor zijn onvoorwaardelijke bereidheid de resultaten van die vormgeving, voorzover mogelijk, aan de toets der door nauwkeurige waarneming verkregen ervaring te onderwerpen. Men ziet hoe hij grote resultaten van blijvende waarde bereikt waar deze drie eigenschappen samenwerken, maar hoe hij in onvruchtbare speculatie verdoolt wanneer de eerste alleen werkt of zich met de tweede zonder de derde verenigt. Maar men blijft hem ook in dit laatste geval volgen, ten dele misschien uit de methodologische overweging dat het inzicht in de wijze waarop de natuurwetenschap gegroeid is, bij wijze van wat Bacon een negatieve instantie noemt, ook gebaat is bij de kennisneming van gevallen waarin een grote geest er niet in slaagde tot die bloei bij te dragen, maar toch wel in de eerste plaats om de merkwaardige persoonlijkheid waarmee men in geestelijk contact treedt.

Een tweede voorbeeld waarin de hedendaagse beoefenaar der natuurwetenschap vaak te snel geneigd blijkt zich met een zeker ongeduld af te wenden van perioden uit de geschiedenis van zijn vak die volgens huidig inzicht niets van enige waarde hebben opgeleverd, wordt gevormd door de astrologie. Het is voor een hedendaags astronoom altijd al een bittere pil dat zijn grote antieke leermeester Ptolemaeus, nadat hij in de *Almagest* het voor eeuwen gezaghebbende handboek der mathematische astronomie had geschapen, er in de *Tetrabiblos* een even fundamenteel werk voor de astrologie naast plaatste. Maar hij kan zich nog minder voorstellen dat hedendaagse filologen en wetenschapshistorici zich de ontzaglijke moeite getroosten de zeer omvangrijke astrologische literatuur uit het Hellenisme en de Keizertijd te ordenen en te interpreteren. Wie echter van de resultaten van deze onderzoekingen, zoals ze bijvoorbeeld in de werken van de grote Belgische filoloog en godsdiensthistoricus Franz Cumont zijn neergelegd[17], kennis neemt, zal spoedig anders oordelen. Hij zal bemerken welk een rijke bron van inlichtingen over het dagelijks leven en over de godsdienstige en kosmologische voorstellingen van verscheidene oude volkeren die astrologische geschriften vormen en welke onschatbare diensten zij bewijzen bij de vaststelling van de wijze waarop de overdracht van ideeën van het ene volk naar het andere heeft plaatsgehad.

17 Als voorbeelden mogen worden genoemd: *L'Egypte des astrologues* (Brussel, 1937); *Lux perpetua* (Brussel, 1949).

De beide geschetste standpunten vergelijkend zou ik ze niet als gelijkwaardige opvattingen naast elkander willen plaatsen, maar ze wel degelijk als een lagere en een hogere fase van historische beschouwing willen onderscheiden. Het ligt in de rede dat de historische belangstelling zich aanvankelijk alleen op het constateren van vooruitgang richt, dat zij naar prestaties vraagt die voor het tot stand komen van onze huidige wetenschap van belang zijn geweest, dat zij van werken die bijdragen tot de groei van die wetenschap bevatten slechts kennis neemt voorzover het die bijdragen betreft. Maar de geschiedenis van de wis- en natuurkundige wetenschappen zal zich nooit tot een volwaardige tak der algemene historiografie opwerken wanneer zij in deze in wezen onhistorische houding volhardt, wanneer zij voortgaat het verleden alleen belangrijk te vinden indien en voorzover het het verleden heeft helpen voorbereiden in plaats van het in zijn eigen wezen en waarde te beschouwen, wanneer zij, om het kort te zeggen, niet beseft dat voor haar als voor iedere tak der geschiedwetenschap een equivalent geldt van Rankes andere beroemde woord: 'Jede Epoche ist unmittelbar zu Gott'.[18]

Het vuur van dit inzicht zal het historisch streven op het gebied der wis- en natuurkunde zuiveren van talrijke onvolkomenheden die het nog zo vaak aankleven. Het zal een einde maken aan de bij hedendaagse beoefenaren van die wetenschappen nog wel eens op te merken neiging het verleden van hun vak te beschouwen als een deels vermakelijk, deels ergerlijk kijkspel, dat men in de neerbuigende superioriteitshouding van de man die alles zoveel beter begrijpt en kent, wel eens even in ogenschouw wil nemen maar dat men spoedig weer de rug toekeert om zich aan ernstiger zaken te wijden.

Bovendien - en dit is waarlijk niet de geringste waarde - zal het de beoefenaar der wetenschapsgeschiedenis - dit woord nu genomen in de ruimste zin die men eraan kan toekennen - de geestelijke winst deelachtig doen worden die reeds aan het streven zich op het standpunt van een ander te verplaatsen verbonden is en die hem die in dit streven slaagt overvloedig ten deel valt. De historicus die het als onafwijsbare verplichting voelt zich met terzijdestelling van eigentijdse opvattingen, zienswijzen en overtuigingen in te leven in de geest van de tijd die hij bestudeert, het daarin aangetroffen 'andersoortige, andersdenkende te benaderen en te begrijpen en dat contact en dat begrip in het oordeel op te nemen'[19]; de fenomenologische beoefenaar der godsdienstwetenschap, die erin slaagt zijn eigen standpunt handhavend maar tijdelijk bewust uitschakelend, zich te verplaatsen in volkomen daarvan afwijkende religieuze voorstellingen van andere volken en andere tijden, zijn niet alleen bewonderens-, zij zijn ook benijdenswaard. Zij hebben hun loon reeds ontvangen in de verrijking van eigen persoonlijkheid die hun geestelijke

18 L. Ranke, geciteerd bij Karl Brandi, *Geschichte der Geschichtswissenschaft* (Bonn, 1952) p. 100.

19 P. Geyl, *Reacties* (Utrecht, 1952) p. 204.

dislocatie met zich meebrengt. Het is voor de historicus van de wiskunde en de natuurwetenschap een hoopgevende gedachte dat zijn vak hem ruimschoots gelegenheid biedt tot pogingen hun werkwijze na te volgen.

Om de abstracte sfeer der algemene beschouwing opnieuw door een concreet voorbeeld te verlevendigen zou ik willen wijzen op het aanzienlijke verschil in de beoordeling der middeleeuwse fysica, al naar gelang men zich op het eerste, evolutionistische, dan wel op het tweede, fenomenologische standpunt stelt. Wie haar slechts beschouwt als schakel in een ontwikkelingsketen waarvan het voorlopig laatste lid in de hedendaagse wetenschap ligt, zal ongetwijfeld willen toegeven dat de scholastiek een belangrijke bemiddelingsfunctie tussen de Oudheid en de in de zestiende eeuw opnieuw oplevende natuurwetenschap heeft vervuld; wellicht zal hij ook een aantal veertiendeeeuwse filosofen, als Bradwardine, Buridan en Oresme, als voorlopers van die herleving willen erkennen; maar hij zal het als verloren tijd en moeite beschouwen zich werkelijk te gaan verdiepen in de breedvoerige middeleeuwse speculaties over val en worp, structuur van de stof en intensiteitsverandering van kwaliteiten, die enkele eeuwen lang zulk een aanzienlijk deel van de denkkracht der filosofen in beslag hebben genomen. Geheel anders de fenomenologisch ingestelde historicus: gaarne gebruik makend van de hem in deze beschouwingen geboden gelegenheid zich in een gans andere wijze van beleving van natuurverschijnselen in te denken dan waarin hij zelf is opgevoed, zal hij zijn best doen de gehouden redeneringen als deelnemer te volgen in plaats van ze met hoofdschuddende verbazing, hilariteit of ergernis als bloot woordenspel te verwerpen. Het is niet uitgesloten dat hij daarbij ook wel eens tot het inzicht zou kunnen komen dat vergeleken met de door zoveel succes bekroonde nieuwere ontwikkeling der natuurwetenschap, de doodgelopen scholastieke fysica toch ook wel eens aspecten vertoont die hij in onze tijd node mist. Ik noem als voorbeeld de in de Middeleeuwen zo druk besproken vraag naar het wezen van de chemische binding: zijn in een chemische verbinding de elementen waaruit zij is samengesteld nog aanwezig en zo ja, in welke zijnswijze? De middeleeuwse denkers zijn er niet in geslaagd op deze ongetwijfeld legitieme en zich spontaan opdringende vraag een bevredigend antwoord te geven en wij zien Oresme zijn onderzoek zelfs beëindigen met het beroep op God waarin een middeleeuws filosoof zijn wetenschappelijke onmacht pleegt te bekennen.[20] Het zou nu echter een dwaling zijn te menen dat het gestelde probleem in de latere ontwikkeling der chemie wèl zijn oplossing zou hebben gevonden; het is er veeleer geïgnoreerd, zonder dat dit echter de chemie belet heeft tot een wetenschap van grootse allure uit te groeien. Wij staan hier voor het opmerkelijke feit dat wat men in de wandeling een filosofische geesteshouding pleegt te noemen, een houding die de mens ertoe drijft door te willen dringen in wat hij het wezen der dingen

20 E.J. Dijksterhuis, *De mechanisering van het wereldbeeld* (Amsterdam, 1950) p. 225.

noemt, voor de groei der natuurwetenschap niet de meest bevorderlijke is. Een zekere wijsgerige oppervlakkigheid of het bezit van een wijsgerige opvatting die in staat stelt om wat eeuwenlang als ernstig filosofisch probleem gevoeld is, als schijnprobleem te ontmaskeren en daardoor te elimineren, biedt bepaald betere kansen op welslagen.

Natuurlijk kan men de geschetste situatie ook heel anders bezien: het gemis aan succes van de middeleeuwse natuurwetenschap, kan men zeggen, bewijst dat men destijds op de verkeerde weg was; de triomf der moderne is een aanwijzing dat wij thans de juiste weg gevonden hebben. Wij hebben door de loop der gebeurtenissen geleerd dat wij niet goed doen naar dat zogenaamde wezen der dingen te vragen, dat het doel der wetenschap niet is uit te maken wat de dingen eigenlijk zijn maar hoe zij zich gedragen, dat dus de oudere substantiële denkwijze terecht door de nieuwere funtionele is vervangen. Hoe volledíger de laatste werkt, des te zwakker wordt de behoefte de eerste toe te passen. Hoe meer wij, om een voorbeeld te noemen, met elektrische verschijnselen vertrouwd zijn geraakt, hoe beter wij weten hoe elektriciteit werkt, des te minder komt het in ons op de vroeger niet ongebruikelijke vraag te stellen wat elektriciteit nu eigenlijk is.

Niet ten onrechte plegen vertegenwoordigers der hedendaagse natuurwetenschap dit standpunt om zijn bescheidenheid en zijn nuchterheid te roemen. Het stemt echter wel tot nadenken dat naarmate het in het onderwijs zijn invloed sterker doet gelden, zich bij studerenden steeds vaker een verschijnsel voordoet, dat als heimwee naar de wijsbegeerte te omschrijven is. Zij hebben vaak het gevoel dat ze te veel op het praktisch bruikbare gericht blijven en te weinig in de diepte dringen. Langs de weg der verstandelijke redenering is daartegen weinig te doen; het lijkt echter niet onmogelijk dat aandachtige bestudering van de ontwikkelingsgang der natuurwetenschap een bijdrage tot de genezing van dit heimwee zal kunnen leveren.

Wij zijn met de onderscheiding tussen een evolutionistische en een fenomenologische opvatting van de geschiedenis der exacte wetenschappen reeds overgegaan op het terrein van de methodologie, waar de wetenschapshistoricus talrijke problemen wachten en waar hij zich door ernstige gevaren bedreigd ziet. Voor enkele van die problemen en gevaren moge ik nog een ogenblik uw aandacht vragen.

Wanneer de historicus van een wetenschap al te eenzijdig evolutionistisch is ingesteld, staat hij voortdurend bloot aan de verleiding de gehele geschiedenis van zijn vak te zien als een proces dat van het begin af op het bereiken van de tegenwoordige toestand gericht is geweest. Brengt dit hem, zoals wij reeds zagen, enerzijds ertoe slechts een klein deel van het verleden zijn aandacht waardig te keuren, zo drijft het hem anderzijds tot het construeren van redelijke samenhangen die in werkelijkheid wellicht niet, althans niet zo duidelijk als men het graag zou zien, aanwezig zijn geweest. De voorgeschiedenis van de euclidische meetkunde en van de astronomie van Ptole-

maeus en de vraag naar een mogelijk verband tussen de Parijse scholastiek der veertiende eeuw en de herleving van de mechanica bij Galilei door bemiddeling van de averroïstisch georiënteerde Noorditaliaanse universiteiten leveren hiervan sprekende voorbeelden. Het is wel eens moeilijk zich in dergelijke gevallen bewust te blijven dat de aannemelijk lijkende constructie nog niet meer dan een werkprogram betekent, met de uitvoering waarvan nog een begin moet worden gemaakt.

Wie over zulke dingen gaat schrijven en vooral wie zich daarbij tot een ruimere lezerskring richt, mag zich wel zeer hoeden voor het gevaar dat hij terwille van een duidelijke en eenvoudige voorstelling van de gang van zaken zijn denkbeelden uiteenzet met een hogere graad van zekerheid dan zij feitelijk bezitten. Het is nu eenmaal zo dat een historicus, behalve man van wetenschap, toch ook altijd tot op zekere hoogte letterkundig auteur is; dit houdt voor hem de verleiding in de eisen die hij zich in zijn eerste kwaliteit stelt, min of meer op te offeren aan het effect dat hij in de tweede hoopt te bereiken. Het is natuurlijk prettig voor de lezer als hem een goed gecomponeerd, boeiend geschiedverhaal geboden wordt. Maar als het erg boeiend en zelfs meeslepend wordt, zij men op zijn hoede. Is hier, zoals het behoort, de liefde tot de waarheid nog primair of is het reeds die tot de schone vorm? Zet de auteur hier wellicht een eerste stap op de hellende weg die van de bona-fide geschiedschrijving naar de vie romancée en vandaar naar de historische roman voert?

Het aangewezen gevaar van onjuiste dosering van de zekerheidsnuance in een historisch betoog vloeit echter niet alleen uit het tweeslachtig karakter van de historicus voort; het treedt ook in deze vorm op dat de zekerheidsgraad sterker pleegt te worden met toenemende afstand tot de bron der gegeven voorstelling. Wie het eerst een bepaalde visie op een historische samenhang concipieert, zal haar uiteenzetting omgeven met al de voorzichtige restricties die het hem zelf maar al te goed bekende hypothetisch karakter van zijn opvatting met zich meebrengt. De wetenschapshistoricus echter die zonder eigen bronnenstudie over het onderwerp refereert en eerst recht de cultuurhistoricus die het als een der elementen van zijn eigen algemene kijk op een zeker tijdvak gebruikt, neemt vaak slechts de kern over en vergeet de beperkende voorwaarden. En zo ontstaan dan die talloze in ruimere kring verspreide en daar kritiekloos aanvaarde, op zijn best halfware voorstellingen over het verloop van de ontwikkeling der exacte wetenschappen, waartegen de historicus van de wetenschappen zich tot ontstemming van zijn hoorders zo vaak te weer moeten stellen.

Natuurlijk is het voor hemzelf ook vaak moeilijk zich te onttrekken aan de suggestieve invloed van de historische visie waarin hij is opgevoed. Men kan zich ten aanzien van overgeleverde historische voorstellingen de cartesiaanse twijfel wel tot plicht stellen, maar ervaart dan al spoedig de praktische onmogelijkheid die plicht ook volledig te vervullen. Een bijzondere complicatie wordt daarbij gevormd door de in de negentiende eeuw zeer sterke en

in de twintigste nog lang niet verdwenen nawerking van de polemische sfeer waarin het ontstaan der nieuwe natuurwetenschap in de zestiende en zeventiende eeuw zich heeft afgespeeld en waarbij de overgang van klassieke naar moderne natuurwetenschap in de decennia die juist achter ons liggen, zo weldadig afsteekt. Door deze nawerking is de visie op de wetenschapshistorische betekenis van figuren als Aristoteles en Ptolemaeus lang vertroebeld en wordt zij zelfs nog steeds vertroebeld, terwijl zij ook de relatieve waardering van de functie die de scholastiek en het humanisme voor het ontstaan der nieuwe natuurwetenschap hebben vervuld, bemoeilijkt.

Met dezelfde zorg als voor het kritiekloze aanvaarden van traditionele maar onjuiste historische voorstellingen behoort de historicus der wetenschap zich uiteraard te hoeden voor het aankweken of helpen verspreiden van nieuwe dwalingen. Het gevaar daartoe is, zoals de ervaring telkens weer leert, niet denkbeeldig. Het doet zich vooral voor wanneer een hedendaags beoefenaar der exacte wetenschappen zich eens incidenteel met de geschiedenis van zijn vak gaat bezighouden. Men kan dan een sterke neiging tot het opsporen van zogenaamde voorlopers vaststellen en een behoefte aan het formuleren van uitspraken waarin met de omineuze woordcombinatie ‘heeft al geweten’ betoogd wordt dat een of ander inzicht van veel oudere datum is dan men altijd voor waar had gehouden en dat de denker aan wie het thans wordt toegeschreven dus altijd miskend is geweest. Wanneer dat terecht geschiedt moet men het natuurlijk als een welkome aanwinst van ons historisch weten begroeten en zijn voorstellingen dienovereenkomstig wijzigen. Het komt echter ook voor dat de nieuwe vondst in wijder historisch verband gezien dadelijk onhoudbaar blijkt; bij wijze van recent voorbeeld noem ik een poging aan te tonen dat Sadi Carnot het entropiebegrip reeds zou hebben bezeten[21]; de redenering bevatte een elementaire denkfout, maar het resultaat kon bij voorbaat verworpen worden daar het de tot dusver nogal begrijpelijke ontwikkelingsgeschiedenis van de thermodynamica tot een onontwarbare chaos zou doen verworden.

Het blijkt dus wel dat er bij de beoefening van de geschiedenis der exacte wetenschappen nog tal van methodologische moeilijkheden te overwinnen zijn. Daardoor èn door onze nog steeds zo gebrekkige feitelijke kennis van het verleden is het vak nog ver van de hoogste rang die een wetenschap kan bereiken verwijderd. Is het te verwonderen? Uit bemoeiingen van amateurhistorici geboren, lang onderhevig aan miskenning en bestrijding, of, wat erger was, aan welwillend toegeeflijke geringschatting, heeft het ten opzichte van de andere takken der historiografie een achterstand in te halen. De voldoening over de thans aan deze universiteit geopende gelegenheid daaraan te kunnnen meewerken, kan er slechts des te groter om zijn.

21 Vermeld door E. Whittaker, *From Euclid to Eddington* (Cambridge, 1949) p. 74.

Aan het eind van deze rede gekomen moge ik allereerst mijn eerbiedige dank betuigen aan Hare Majesteit de Koningin dat het haar heeft behaagd mij tot buitengewoon hoogleraar aan deze universiteit te benoemen.

Mevrouw en mijne heren curatoren van deze universiteit,

Dat u uw medewerking hebt willen verlenen aan het tot stand komen van een leerstoel in de geschiedenis van de wiskunde en de natuurwetenschappen en dat gij mij waardig hebt gekeurd deze stoel te bezetten, stemt mij tot diepe erkentelijkheid. Ik hoop de gelegenheid te krijgen u te overtuigen van de oprechtheid van mijn streven mijn ambt te vervullen op een wijze die uw vertrouwen niet beschaamt.

Dames en heren hoogleraren, leden van de Academische Staat,

Ik ben er mij volledig van bewust dat zeker niet de geringste waarde die een werkkring aan een universiteit bezit, bestaat in de geestelijke verruiming die de omgang met geleerden van de meest uiteenlopende studierichtingen met zich mee kan brengen. Ik vertrouw erop dat u mij de gelegenheid daartoe niet zult onthouden.

Dames en heren, leden van de Faculteiten van Letteren en Wijsbegeerte en van Wis- en Natuurkunde,

Ik heb straks iets onvriendelijks gezegd over traditionele historische voorstellingen waarvoor geen exacte historische bewijsgrond bestaat. Wilt mij de inconsequentie ten goede houden dat ik mij nu zelf van zulk een voorstelling bedien en u het beeld voor de geest roep van de ezel van Buridan, die, midden tussen twee even aantrekkelijke hooischelven geplaatst, uit puur onvermogen tot kiezen van honger omkwam. Juist zo heb ik voor het begin van mijn universitaire studie tussen uw beide faculteiten gestaan en dat ik de geestelijke hongerdood ten slotte niet gestorven ben, dank ik alleen aan het gelukkig feit dat de realiteit van het leven zich nu eenmaal niet in het schema van een abstractie laat vatten. Het zal u hierdoor echter duidelijk zijn wat het voor mij betekent thans in beide factulteiten tegelijk opgenomen te worden. Met verbaasde dankbaarheid zie ik Goethes paradoxale woord ‘Was man in der Jugend wünscht, hat man im Alter die Fülle’[22] aan mij in vervulling gaan. Het tweevoudige universitaire tehuis van de mij toevertrouwde leerstoel vormt een officiële erkenning van de rechtmatigheid waarmee de geschiedenis der exacte wetenschappen zowel geschiedenis als exacte wetenschap begeert te zijn; het opent voor mij tevens de welkome mogelijkheid op legitieme wijze in

22 Goethe, *Aus meinem Leben. Wahrheit und Dichtung.* Teil II, Motto.

twee verschillende richtingen werkzaam te zijn. Voor een ruime en onbekrompen inzicht waarmee gij deze meer dan formele aangelegenheid hebt willen regelen, betuig ik u mijn oprechte erkentelijkheid.

Ik bezit naar ik vertrouw een juiste voorstelling van de bijzondere relatie waarin ik tot u, leden van de Faculteit van Wis- en Natuurkunde, kom te staan. U zult mij beschouwen zoals de componist het de musicoloog, de scheppende beeldende kunstenaar het de kunsthistoricus of kunstcriticus en zoals in het algemeen ieder die iets nieuws voortbrengt het de man doet die slechts over daden van anderen bericht. U zult dat terecht doen. Vreest niet dat ik mijnerzijds het verschil tussen hen die geschiedenis helpen maken en hen die geschiedenis helpen schrijven, uit het oog zal verliezen; gunt u mij daarvoor de gelegenheid op de vermogens die u tot de eerste taak in staat stellen, een beroep te doen wanneer er voor mij moeilijkheden rijzen bij mijn pogingen de tweede naar wens te vervullen.

Waarde Geyl,[*]

Het vormt voor mij een van de grote aantrekkelijkheden van mijn nieuwe werkkring dat ik thans, vaker dan tot dusver het geval was, de gelegenheid zal hebben met u in contact te komen. Reeds lang heb ik mij, zonder dat u dit zelf vermoed zult hebben, als uw leerling beschouwd. Niet in die zin dat ik ooit rechtstreeks iets van u heb geleerd, maar in die diepere betekenis van het woord dat u mij door de beschouwingen over wezen en taak der geschiedenis die u in uw geschriften pleegt in te lassen, bewust hebt gemaakt van wat ik achteraf voelde altijd wel geweten te hebben. U zult in wat ik straks gezegd heb over de plicht van de historicus zich begrijpend in het verleden te verplaatsen, uw eigen denkbeelden hebben teruggevonden. U zult zelfs woorden hebben herkend waarin u ze zelf hebt uitgesproken. Mij vloeiden zij spontaan uit de pen en ik heb ze laten staan, niet bij wijze van een αὐτὸς ἔφα[*] maar als symbool van mijn overtuiging, dat u mij de maieutische dienst bewezen hebt die tenslotte toch de hoogste vorm van onderwijs is.

Waarde Minnaert,[*]

In niet mindere mate verheug ik mij op de mogelijkheid van versterking van de omgang met u, die mijn nieuwe werkkring opent. Er is geen enkele natuurwetenschap die altijd zo vol aandacht voor haar eigen geschiedenis is geweest en die ook altijd zoveel partij van haar historische gegevens heeft kunnen trekken als de astronomie. Reeds uit dezen hoofde durf ik erop vertrouwen dat u mij steeds bij mijn werk als historicus zult willen ondersteunen.

Ik heb voorts in ons gemeenschappelijk werk in de commissie die door de afdeling Natuurkunde van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen belast is met het tot stand brengen van een moderne editie van de

voornaamste werken van Simon Stevin gelegenheid gehad de energie, de opgewektheid en de accuratesse te bewonderen waarmee u een taak die u op u hebt genomen weet te vervullen, en tevens de taaie vasthoudendheid waarmee u daarbij rijzende moeilijkheden te boven weet te komen. Ik twijfel er niet aan of wij zullen ook verder aangenaam en vruchtbaar samenwerken ter bereiking van het nobele, ons door de Akademie gestelde doel aan de uitgaven van de werken van Christiaan Huygens, Isaac Beeckman en Antoni van Leeuwenhoek, die de trots der Nederlandse wetenschapsgeschiedenis uitmaken, een gelijkwaardige editie van de voornaamste geschriften van Simon Stevin toe te voegen.

Waarde Forbes,[*]

Het zal voor mij bij mijn werk steeds een rustgevende gedachte zijn dat ik erop kan vertrouwen dat u met de onbegrensde hulpvaardigheid die u eigen is, mij altijd zult willen laten delen in de rijke schatten van uw historische eruditie en daardoor zult willen helpen de vele leemten in mijn historische kennis aan te vullen. Ik mag uw aanwezigheid op deze plaats tevens opvatten als een blijk van belangstelling van de zijde van het Genootschap voor Geschiedenis der Geneeskunde, Wiskunde en Natuurwetenschappen, dat onder uw bezielende leiding kort geleden zijn veertigjarig bestaan heeft mogen vieren. Dit genootschap heeft al die veertig jaren lang voor universitair onderwijs in de geschiedenis der wetenschappen die het in zijn naam vermeldt gevochten. Het tot stand komen van deze leerstoel kan daardoor bestuur en leden met een gerechtvaardigde voldoening vervullen.

Waarde Van Vroonhoven en Vaissier,[*]

Op het ogenblik dat ik een nieuwe levenstaak aanvaard en dus onwillekeurig de blik vooruit richt, geeft uw beider aanwezigheid bij deze plechtigheid mij aanleiding nog eens terug te zien op de 34 jaren die ik in de door u beiden hier vertegenwoordigde schoolgemeenschap van de Koninklijke HBS Willem II te Tilburg heb doorgebracht. Die terugblik wekt gevoelens van grote erkentelijkheid bij mij op voor de harmonische sfeer waarin ik steeds mijn bijdrage tot het gemeenschappelijke werk aan deze school heb mogen leveren. Ik ben er mij van bewust in hoe hoge mate het in stand houden van die sfeer gedurende het laatste tijdvak van mijn werkkring aan de door u beiden gegeven leiding te danken is geweest.

Dames en heren studenten,

Onverschillig of men bij het woord universiteit aan de Universitas Magistrorum et Scholarium of aan de Universitas Scientiarum denkt vormen de

studenten een integrerend bestanddeel van de instelling die die naam draagt. Een universiteit is een onderwijsinstelling waar men de wetenschap leert beoefenen en voor onderwijs zijn docent en leerling even onmisbaar en even belangrijk. Het heeft mij daarom altijd toegeleken dat van de toespraken waarmee een inaugurele oratie besloten pleegt te worden, die tot de studenten de belangrijkste is.

Ik moet haar in verband met de bifacultaire indeling van het vak dat ik doceren zal dubbel maken en spreek thans eerst tot u, dames en heren studenten in de Faculteit van Wis- en Natuurkunde.

U hebt mij straks horen gewagen van het grote kenavontuur waarin de westerse mens zich gestort heeft toen hij, na zich in het bezit te hebben gesteld van het dubbele wapen dat empirisch-mathematische natuurwetenschap heet, zich heeft opgemaakt de natuur dieper te leren kennen dan ooit aan vroegere generaties gegund was geweest en haar naar het woord van Bacon te gaan overwinnen door haar te gehoorzamen.[23] Aan dit avontuur hebt u uw leven verbonden en u zult reeds lang ervaren hebben dat de dienst die het eist zwaar is en op uw ganse persoonlijkheid beslag legt. Zou het geen voor de hand liggende reactie zijn indien u zich met enige wrevel af zou wenden van iemand die u, terwijl u onstuimig voorwaarts streeft, overreden wil de blik ook nog terug te wenden en die op een deel van de tijd die u zo bitter nodig hebt om aan de eisen die u gesteld worden te voldoen, beslag wil leggen zonder u hoop te kunnen geven dat dit aan uw studie rechtstreeks ten goede zal komen? Ik beschik nog niet over de gegevens om te kunnen vaststellen in hoeverre die wrevel aanwezig is, maar ik kan reeds wel zeggen dat noch zijn bestaan noch het begrip dat ik ervoor gevoel, mij zullen weerhouden u tot beoefening van de geschiedenis van uw vak aan te sporen.

De dienst aan de wis- en natuurkunde waarin u zich gesteld hebt is intellectueel gesproken schoon en maatschappelijk gezien van de hoogste betekenis, maar hij is niet zonder geestelijke gevaren. Het grootste van die gevaren is dat men zich òf door het ene òf door het andere kenmerk te veel laat meeslepen en dat daardoor de blik op het menselijk denken zich verengt. De toegewijde beoefenaar der zuivere wiskunde kan zozeer onder de indruk komen van de exactheid van woordgebruik en bewijsvoering die deze wetenschap bereiken kan dat hij onwillekeurig aan andere wetenschappen dezelfde eisen gaat stellen, vergetend dat niet iedere stof zich tot deze exacte behandeling leent. De experimentele natuuronderzoeker kan zo gewend raken aan de mogelijkheid de omstandigheden waaronder een verschijnsel verloopt zelf vast te stellen en te beheersen, dat hij er geen oog meer voor heeft dat dit in de levende natuur en in de menselijke samenleving niet, althans veel minder gemakkelijk, gaat. De mathematisch-fysicus, inziende hoe essentieel het voor

23 'Natura non nisi parendo vincitur'. *Novum organum.* Liber I. Aphorismus III. *Bacon's Novum organum*, ed. Th. Fowler (Oxford, 1889) p. 192.

de wetenschap der anorganische natuur geweest is dat zij haar denken in mathematisch gewaad kleedde, loopt gevaar het al te vanzelfsprekend te vinden dat ook de biologische en sociale wetenschappen zich tot mathematisering zullen lenen en zodoende van een legitiem streven een postulaat te maken. En wie ten slotte, tot welke categorie hij ook behoort, al te eenzijdig op de maatschappelijke betekenis van de wis- en natuurkundige vakken is ingesteld, komt er licht toe de waarde van zuivere, niet toegepaste, wellicht zelfs niet toepasbare wetenschap te onderschatten.

In al deze gevallen dreigt een blikverenging die tot onbillijkheid in het oordeel over andere wetenschappen leiden kan en die altijd een geestelijke verarming betekent. Natuurlijk bestaan er verschillende middelen zich tegen dit gevaar te beschermen, maar er is wellicht geen dat zich zo nauw en ongedwongen bij de eigenlijke studie laat aanpassen als de beoefening van de geschiedenis van het eigen vak, mits opgevat in de fenomenologische zin die ik u geschetst heb. U zult daardoor iets deelachtig kunnen worden van de geestelijke weldaad die historische werkzaamheid altijd betekent en bovendien leren beseffen dat er een filologische exactheid bestaat die in intellectuele en morele waarde voor de mathematische en de experimentele niet onderdoet.

Wanneer ik mij nu ten slotte tot u wend, dames en heren studenten in de Faculteit van Letteren en Wijsbegeerte, besef ik dat ik heel andere woorden moet kiezen. De wrevel die ik bij uw studiegenoten in de Faculteit van Wis- en Natuurkunde onderstelde, bezit, neem ik aan, bij u een pendant in de vorm van een oprechte verbazing. Geschiedenis van de wiskunde en de natuurwetenschappen? zult u gezegd hebben, toen u mijn voornemen vernam daarin een college te geven dat speciaal voor studerenden in uw faculteit bestemd zou zijn: quid ad me? Ik hoop u door de opmerkingen die ik in mijn rede over de betekenis van die geschiedenis voor verschillende categorieën van studerenden buiten de Faculteit van Wis- en Natuurkunde gemaakt heb, reeds enigszins te hebben overtuigd dat het denkbeeld niet zo ongerijmd is als het bij eerste beschouwing wellicht lijkt. Dat bij de verwerkelijking ervan weerstanden te overwinnen zullen zijn beseft niemand beter dan ikzelf. U bezit zeer waarschijnlijk in meerdere of mindere mate de *horror matheseos* en wat u aan spontane belangstelling in natuurwetenschap nog hebt overgehouden wordt geremd door de overweging dat ook de natuurwetenschap reeds lang mathematisch geïnfiltreerd is. Dit is niet onbegrijpelijk. Uw opleiding in ons helaas reeds te ver gedifferentieerde voorbereidend hoger onderwijs is erop gericht geweest deze houding zoal niet aan te kweken dan toch zeker niet te bestrijden. En nu verkeert u in de waan dat de exacte wetenschappen u niet aangaan en hun geschiedenis a fortiori niet. Dat is een vooroordeel dat even ernstige gevolgen kan hebben als de tegengesteld gerichte eenzijdigheid die bij wis- en natuurkundigen zo vaak is aan te treffen. Uit beide te zamen resulteert de rampzalige klove tussen de faculteiten, die zulk een bedenkelijk kenmerk

van de tegenwoordige universitaire cultuur vormt.

U zult goed doen van uw kant aan de overbrugging van die klove mede te werken. Dit kan praktisch niet gebeuren door met de tegenwoordige wis- en natuurkunde rechtstreeks contact te zoeken. Het water dat u ervan scheidt is veel te diep. Stroomopwaarts gaande zult u echter een veer aantreffen dat u naar de overzijde kan brengen. Het veer heet geschiedenis der exacte wetenschappen en ik zal mij gelukkig prijzen wanneer ik de veerman mag zijn.

Ik heb gezegd.

Eindnoten:

1 E.J. Dijksterhuis aan P. Geyl, Oisterwijk 2 juni 1952. Museum Boerhaave, archief Dijksterhuis, inv. nr. 2.

2 Zie bijvoorbeeld de recensie van Geyls *Tochten en toernooien* uit 1950: 'Niet minder karakteristiek en niet minder sympathiek dan de bewuste terughoudendheid in het oordeel, dat Geyls standpunt ten aanzien van de geschiedenis kenmerkt, is zijn helder inzicht in de onafwijsbare verplichting van de historicus zich, met terzijdestelling van eigentijdse opvattingen, zienswijzen en overtuigingen, in te leven in de geest van het tijdvak dat hij bestudeert.' (*De Gids* 116 (1953) I, 61-63, in het bijzonder 63). Deze passage keert bijna letterlijk terug in de oratie.

3 Zie bijvoorbeeld A.R. Hall, 'On Whiggism', in: *History of science* 21 (1983) 49-59; C. Hakfoort, 'De ontbrekende synthese in de geschiedschrijving van de natuurwetenschappen', in: *Tijdschrift voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek* 12 (1989) 14-24.

* 'Il n'en est pas': 'Dit geldt niet voor de mens, die slechts voor de oneindigheid is geschapen.'

* 'De sorte que': 'Zodat het hele mensengeslacht, gedurende zoveel eeuwen, moet worden beschouwd als dezelfde mens die steeds blijft bestaan en voortdurend leert.'

* 'Je voy bien': 'Ik zie wel dat in Toulouse en in Parijs de waarheid dezelfde is.'

* 'Geyl': P.C.A. Geyl (1887-1966), van 1936 tot 1958 hoogleraar in de nieuwe geschiedenis in Utrecht.

* 'αὐτὸς ἔφα': 'Hij heeft het zelf gezegd'. Uitdrukking waarmee de aanhangers van Pythagoras zich beriepen op het leergezag van hun meester.

* 'Minnaert': M.G.J. Minnaert (1893-1970), van 1937 tot 1963 hoogleraar in de astronomie in Utrecht. Minnaert werkte samen met Dijksterhuis en anderen aan de heruitgave en Engelse vertaling van de werken van Stevin.

* 'Forbes': R.J. Forbes (1900-1973), van 1947 tot 1960 bijzonder en van 1960 tot 1967 buitengewoon hoogleraar in de geschiedenis van de toegepaste natuurwetenschappen en de techniek aan de Gemeentelijke Universiteit te Amsterdam. Ook hij werkte mee aan de uitgave van *The principal works of Simon Stevin*.

* 'Vaissier': Dr. J.P.C. van Vroonhoven en Dr. J.J. Vaissier waren in 1953 respectievelijk directeur en onderdirecteur van de Rijkshogereburgerschool 'Koning Willem II' te Tilburg, waar Dijksterhuis van 1919 tot 1953 leraar was geweest. Zij waren jarenlang Dijksterhuis zeer ter wille geweest als het ging om zulke aanpassingen van het lesrooster dat Dijksterhuis in staat was de vergaderingen van de Koninklijke Akademie en de Onderwijsraad bij te wonen, terwijl in geval van lezingen ook aparte oplossingen werden gevonden.

III
Beknopte bibliografie van E.J. Dijksterhuis

Voor dit overzicht van de geschriften van E.J. Dijksterhuis is een keuze gedaan uit het omvangrijke oeuvre dat hij heeft nagelaten. Opgenomen zijn de als zelfstandige publikatie verschenen werken (boeken en brochures), alsmede de meer belangrijke artikelen in tijdschriften en verzamelwerken. Een volledige bibliografie is in voorbereiding.

De met een * gemerkte artikelen zijn in deze bundel herdrukt.

1918

Bijdragen tot de kennis der meetkunde van het platte schroevenvlak (Dissertatie; Groningen: H.N. Werkman, 1918).

1920

* 'Galilei en zijn strijd voor de leer van Coppernicus', in: *De Gids* 84 (1920) III, 105-125, 286-300.

1921

'Over de ontwikkeling der valwetten', in: *Christiaan Huygens* 1 (1921-1922) 238-262, 296-318, 355-379; 2 (1922-1923) 88-123.

1923

'Over het aandeel van Isaac Beeckman in de ontwikkeling der valwetten', in: *Nieuw archief voor wiskunde*, 2e Reeks, 13 (1921) 302-308.
'De axioma's der mechanica', in: *Christiaan Huygens* 3 (1923-1924) 87-101.
'Het belang der klassieke opleiding voor wis- en natuurkundigen', in: *De Gids* 87(1923) II, 265-282.

1924

Val en worp. Een bijdrage tot de geschiedenis der mechanica van Aristoteles tot Newton (Groningen: P. Noordhoff, 1924).

1925

'Het wiskunde-onderwijs', in: *De Gids* 89 (1925) IV, 73-93.
'Beschouwingen over de universitaire opleiding tot leeraar in de wis- en natuurkunde', in: *Bijvoegsel van het Nieuw tijdschrift voor wiskunde, gewijd aan onderwijsbelangen* 2 (1925-1926) 81-95.

1927
'Grieksche wiskunde', in: *Euclides* 4 (1927-1928) 134-174.
'De historische behandelingswijze van de axiomata der mechanica van Newton', in: *ibid.*, 245-255.

1928
'Over een mechanisch axioma in het werk van Christiaan Huygens', in: *Christiaan Huygens* 7 (1928-1929) 161-180.
'De aanslag op de mechanica', in: *Euclides* 5 (1928-1929) 61-69.
'De ontdekking van het tautochronisme der cycloïdale valbeweging. Een bijdrage tot de 300e herdenking van den geboortedag van Christiaan Huygens op 14 april 1929', in: *ibid.*, 193-227.

1929
De Elementen van Euclides (Historische Bibliotheek voor de Exacte Wetenschappen; I en III; Groningen: P. Noordhoff, 1929-1930.)

1930
Het getal in de Grieksche wiskunde. Openbare les gehouden bij de aanvaarding van het ambt van privaat-docent in de geschiedenis der wiskunde aan de universiteit van Amsterdam op 11 October 1930 (Groningen: P. Noordhoff, 1930). Ook verschenen in: *Euclides* 7 (1930-1931) 97-112.
'De opleiding tot leeraar bij het Gymnasiaal en Middelbaar Onderwijs volgens de plannen der Commissie-Symons', in: *De Gids* 94 (1930) IV, 78-100.

1931
'Bij het jubileum der electromagnetische inductie, 1831-1931', in: *De Gids* 95 (1931) III, 185-206, 331-349.
'Drie problemen uit de Aegyptische wiskunde', in: *Euclides* 8 (1931-1932) 49-74.
'De grondbeginselen der meetkunde van J.H. van Swinden. Bijdrage tot het jubileum van de Universiteit van Amsterdam', in: *ibid.*, 265-285.
'John Pell en zijn strijd om de rectificatie van den cirkel. Bijdrage tot het jubileum van de Universiteit van Amsterdam', in: *ibid.*, 286-296.
'Historische schetsen, 1: Archimedes', in: *Faraday* 1 (1931) 2-7, 35-48, 71-81, 114-122; 2 (1932) 25-30, 158-167.

1932
'In cauda venenum', in: *Euclides* 9 (1932-1933) 1-10.
Descartes als wiskundige. Openbare les gegeven bij de aanvaarding van het ambt van privaat-docent in de geschiedenis der wiskunde aan de Rijksuniversiteit te Leiden op woensdag 5 October 1932 (Groningen: P. Noordhoff, 1932). Ook verschenen in: *Euclides* 9 (1932-1933) 57-76.
'De versiera', in: *Euclides* 9 (1932-1933) 233-265.

1933
'Hydrostatische theorieën in de Oudheid', in: *Hermeneus* 5 (1933) 68-75.
'Epistemisch wiskunde-onderwijs', in: *Euclides* 10 (1933-1934) 165-213.
'Historische schetsen, II: De wet van Pascal', in: *Faraday* 3 (1933) 47-51, 78-83, 151-157; 4 (1934) 37-40, 124-128; 5 (1935) 9-16, 52-56.

1934
* 'De intrede der wiskunde in de natuurwetenschap', in: *De Gids* 98 (1934) I, 358-382; II, 40-57.
* 'De grenzen der Grieksche wiskunde', in: *ibid.*, III, 189-209.
'Het leven van Archimedes', in: *Euclides* II (1934-1935) 163-210.

1935
'Prae-Helleensche wiskunde', in: *De Gids* 99 (1935) II, 209-230, 337-349; III, 41-58.
'Christiaan Huygens en Frankrijk', in: *ibid.*, IV, 240-250. [n.a.v. H.L. Brugmans, *Le séjour de Christiaan Huygens à Paris et ses relations avec les milieux scientifiques français, suivi de son Journal de voyage à Paris et à Londres*]
'Archimedes', in: *Euclides* 12 (1935-1936) 19-55, 133-166, 235-246; 13 (1936-1937) 80-127; 14 (1937-1938) 40-72; 15 (1938-1939) 96-135, 248-269; 16 (1939-1940) 104-133; 17 (1940-1941) 8-40, 239-265; 20 (1943-1944) 31-74.

1936
'André-Marie Ampère. Bij den honderdsten terugkeer van zijn sterfdag op 10 Juni 1936', in: *De Gids* 100 (1936) II, 310-331.
'De oudere phasen der Grieksche wiskunde', in: *ibid.*, III, 153-179.
'Duitsche physica', in: *ibid.*, IV, 106-109.
'Historische schetsen, III: De mechanische warmtetheorie', in: *Faraday* 6 (1936) 45-50, 76-82; 7 (1937) 2-11, 65-78, 101-110, 133-139; 8 (1938) 5-11, 85-89; 9 (1939) 7-13, 65-71, 135-141; 10 (1940) 1-5, 69-73, 137-140; 11 (1941) 53-58, 195-200; 12 (1942) 29-35, 144-147; 13 (1943) 97-103; 15 (1946) 32-35, 47-48.

1937
'De wiskunde op het A-gymnasium', in: *De Gids* 101 (1937) I, 107-112.
'De proefstukken der Cartesiaansche methode', in: *ibid.*, II, 285-300.
'Problemen van het wiskunde-onderwijs', in: *Euclides* 14 (1937-1938) 99-118.

1938
Archimedes I (Historische Bibliotheek voor de Exacte Wetenschappen, VI; Groningen: P. Noordhoff, 1938).
'De voorbereiding tot Hooger Onderwijs', in: *De Gids* 102 (1938) II, 205-219.
'Haat tegen de wiskunde', in: *ibid.*, IV, 347-350.

1939
Vreemde woorden in de wiskunde (Groningen: P. Noordhoff, 1939).
'James Gregory and Christiaan Huygens', in: H.W. Turnbull, ed., *James Gregory Tercentenary Memorial Volume* (London: Royal Society of Edinburgh, 1939) 478-486.

1940
'Een wensch vervuld', in: *De Gids* 104 (1940) I, 207-215 [n.a.v. *Journal tenu par Isaac Beeckman de 1604 à 1643*, T. I].
'Interval en verhouding', in: *Hermeneus* 12 (1940) 155-159, 175-178, 194-198.

1941
'Hellenistische kosmologie', in: W.B. Kristensen e.a., *Antieke en moderne kosmologie* (Arnhem: Van Loghum Slaterus, 1941) 46-86.
'Van Coppernicus tot Newton', in: *ibid.*, 111-152.
'Simon Stevin (1548-1620)', in: *Archives du Musée Teyler*, ser. 3, t. 9 (1941) 268-298. Ook verschenen in: E.J. Dijksterhuis, C. de Waard, *Twee Nederlandsche figuren uit de zestiende en zeventiende eeuw: Simon Stevin, 1548-1620; Isaac Beeckman, 1588-1637* ('s-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1941).

1942
'Maurits' beeld in Stevin's werk', in: *De Gids* 106 (1942) II, 145-154.
'Ex nihilo nil fit, nil fit ad nihilum', in: *ibid.*, III, 17-37.
'Stevin en de Grotii', in: *ibid.*, III, 166-179.

1943
Simon Stevin ('s-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1943).
'Coppernicus en zijn boek 1543-1943', in: *De Gids* 107 (1943) II, 61-78.

1946
'Tycho Brahe (14 December 1546 tot 24 October 1601)', in: *De Gids* 109 (1946) IV, 127-142.

1947
'Maatschappelijke invloeden in de Grieksche wiskunde', in: *Hermeneus* 18 (1947) 23-29.
'Tycho Brahe', in: *Hemel en dampkring* 45 (1947) 1-11, 27-33.

1948
(met W. van der Wielen) *Vreemde woorden in de wiskunde* (tweede, herziene druk; Groningen: Noordhoff, 1948).
'Simon Stevin', in: *Euclides* 24 (1948-1949) 142-155.
'Simon Stevin', in: *Simon Stevin* 25 (1948) 1-21.
'Onvoltooid voltooid', in: *De Gids* III (1948) IV, 41-48 [naar aanleiding van G. Sarton, *Introduction to the history of science*, vol. III].

1949
'Ole Rømer', in: *Hemel en dampkring* 47 (1949) 141-152, 172-177.
'Goethe en Thomas Mann', in: *De Gids* 112 (1949) III, 145-157.

1950
De mechanisering van het wereldbeeld (Wetenschappelijk-wijsgerige bibliotheek, 3; Amsterdam: Meulenhoff, 1950) (zesde editie Amsterdam: Meulenhoff, 1988, met nawoord van K. van Berkel).
'La méthode et les essais de Descartes', in: E.J. Dijksterhuis e.a., *Descartes et le cartésianisme hollandais. Études et documents* (Parijs-Amsterdam: P.U.F., 1950) 21-44.
* 'Simon Stevin', in: *Jaarboek van de Maatschappij der Nederlandse Letterkunde* 1950-1951, 43-63.

1951
Het wereldbeeld vernieuwd. Van Copernicus tot Newton (Gastmaal der eeuwen. Taferelen uit de cultuurgeschiedenis van Europa; Arnhem: Van Loghum Slaterus, 1951).
'Deux traditions de Proclus', in: *Archives internationales d'histoire des sciences* 4 (1951) 602-619.
Christiaan Huygens. Bij de voltooiing van zijn Oeuvres complètes. Voordracht gehouden in de Algemene Vergadering [van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen] van 13 mei 1950 (Haarlemse voordrachten, 10; Haarlem: Bohn, 1951).
'Christiaan Huygens', in: *Centaurus* 2 (1951-1953) 265-282.
'De wiskunde op het a-gymnasium', in: *Euclides* 27 (1951-1952) 209-226.

1952
* *De betekenis van de wis- en natuurkunde voor het leven en denken van Blaise Pascal* (Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afdeling Letterkunde, N.R. deel 14, nr. 11; Amsterdam, 1952).
'Archimedes und seine Bedeutung für die Geschichte der Wissenschaft', in: *Veröffentlichungen der Gesellschaft für internationale Wissenschaftsgeschichte, Sitz Bremen*, 1952, 5-31.
* 'Die Mechanisierung des Weltbildes', in: *ibid.*, 33-63.
'Grensverschuivingen in den Orbis Scientiarum', in: *Verslag van het 9de Congres van leraren in de wiskunde en natuurwetenschappen* (Amsterdam, 1952) 3-21.
'De wiskunde op het a-gymnasium', in: *Euclides* 28 (1952-1953) 103-115.
* *Clio's stiefkind* (Slotrede gehouden ... ter gelegenheid van het tweeëntwintigste Nederlands Philologencongres; Groningen: Wolters, 1952).

1953
* *Doel en methode van de geschiedenis der exacte wetenschappen*. Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar in de geschiedenis van de wiskunde en de natuurwetenschappen aan de Rijksuniversiteit te Utrecht op maandag 26 October 1953 (Amsterdam: Meulenhoff, 1953). (Herdrukt in: K. van Berkel, H.A.M. Snelders, ed., *Natuurwetenschappen van Renaissance tot Darwin. Thema's uit de wetenschapsgeschiedenis* (Den Haag, 1981) 8-25.)
'Van koorde tot sinus, van umbra tot tangens', in: *Euclides* 29 (1953-1954) 271-285.
'Historische wording en actuele situatie van de universiteit', in: *Het Gemenebest* 14 (1953-1954) 11-34.
'Nicolaas van Kues' in: *Algemeen Nederlands tijdschrift voor wijsbegeerte en psychologie* 46 (1953-1954) 132-147.

1954
'History of gravity and attraction before Newton', in: *Cahiers d'histoire mondiale* 1 (1954) 839-856.
'Greek mathematics and natural science. Their meaning in the modern world', in: *Acta congressus Madvigiani* 1 (1954) 185-197.
'Die Integrationsmethoden von Archimedes', in: *Nordisk matematisk tidskrift* 2 (1954) 5-23.

‘De wetenschap in het leven van mens en maatschappij’, in: *De Gids* 117 (1954) II, 100-121.

1955

* *Ad quanta intelligenda condita*. Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar in de geschiedenis van de wiskunde en de exacte natuurwetenschappen aan de Rijksuniversiteit te Leiden op vrijdag 21 Januari 1955 (Amsterdam: Meulenhoff, 1955).

The principal works of Simon Stevin. Vol I. General introduction. Mechanics. Ed. by E.J. Dijksterhuis (Amsterdam: Swets and Zeitlinger, 1955).
'General introduction. The life and works of Simon Stevin', in: *ibid*., 3-34.
The first book of Euclides, Elementa. With glossary edited by E.J. Dijksterhuis (Textus minores in usum academiam, 20; Leiden: Brill, 1955).
'De natuurwetenschap in de eeuw der Verlichting', in: *Universiteit en hogeschool* 2 (1955) 1-15.
* 'Wiskunde, natuurwetenschap en techniek als cultuurelementen', in: *De Gids* 118 (1955) I, 89-109.

1956
Archimedes. Translated by C. Dikshoorn (Kopenhagen: Munksgaard, 1956) (Repr. with a new bibliographical essay by Wilbur R. Knorr (Princeton: Princeton University Press, 1987)).
Renaissance en natuurwetenschap (Mededelingen van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afdeling Letterkunde, N.R., deel 19, nr. 5; Amsterdam, 1956).
Die Mechanisierung des Weltbildes. Übertragen von H. Habicht-Vander Waerden (Berlijn: Springer, 1956).
Archimedes, The Arenarius. With glossary edited by E.J. Dijksterhuis (Textus minores in usum academiam, 21; Leiden: Brill, 1956).
'Bezinning op de natuurwetenschap', in: *Folia pharmaceutica* 43 (1956) 135-149.
'Bij de 250e herdenking van Benjamin Franklin's geboortedag', in: *De Gids* 119 (1956) I, 24-36.
'De Gids en de traditie', in: *ibid*., 301-308.
'Uit het Utrechts verleden der physica', in: *Nederlands tijdschrift voor natuurkunde* 22 (1956) 163-180.
'In memoriam George Sarton', in: *Centaurus* 4 (1956) 370-380.

1957
Geminus, Elementorum astronomiae capita I, III-VI, VIII-XVI. With glossary edited by E.J. Dijksterhuis (Textus minores in usum academiam, 22; Leiden: Brill, 1957).
'Christendom en natuurwetenschap. Over hun betrekkingen in de loop der eeuwen', in: *Nederlands theologisch tijdschrift* 12 (1957-1958) 321-342.

1958
'Eenheid en verscheidenheid in de wetenschap', in: *Universiteit en hogeschool* 5 (1958) 49-61.

1959
'Taalstrijd in de geschiedenis der wetenschap', in: *De Gids* 122 (1959) I, 305-324.
'Griekse wetenschap op het gymnasium?', in: *Hermeneus* 30 (1959) 24-31.
'The origins of classical mechanics from Aristotle to Newton', in: *Critical problems in the history of science* (Madison, 1959) 163-184.
'Over een recente bijdrage tot de laat-scholastieke natuurfilosofie', in: *Dancwerc, opstellen aangeboden aan D.Th. Enklaar* (Groningen, 1959) 222-234.

1960

‘De natuurwetenschap in de 18e eeuw’, in: *Het rationalisme. Zes belichtingen* (Den Haag, 1959) 15-33.

1961
(met R.J. Forbes) *Overwinning door gehoorzaamheid. Geschiedenis van natuurwetenschap en techniek* (2 dln., Zeist: Phoenix, 1961).
The mechanization of the world picture. Translated by C. Dikshoorn (Oxford: Oxford University Press, 1961) (Repr. 1969).

1963
(met R.J. Forbes) *A history of science and technology* (2 dln., Harmondsworth: Penguin, 1963).

1970
Simon Stevin. Science in the Netherlands around 1600 (Den Haag: Martinus Nijhoff, 1970).

Index

In deze index zijn alleen historische persoonsnamen opgenomen; mythologische, literaire en bijbelse namen zijn niet opgenomen. Uit de bibliografie zijn alleen namen van auteurs en persoonsnamen in titels verwerkt.

Abro, A. d' 182
Adam, Charles 100, 267, 271
Aerts, R.A.M. 21
Alembert, Jean Le Rond d' 144, 148, 157, 180
Alberti, Leon Battista 239
Alberts, G. 108
Ampère, André-Marie 79, 182, 275, 309
Andilly, Arnauld d' 73
Apollonius 49, 53, 56-57, 60, 264, 291
Arago, F. 182
Arnauld, Antoine 86, 155
Archimedes 16, 18, 49-50, 53, 56-58, 60-61, 63, 66, 87, 92, 112-113, 116, 118-119, 132, 133, 139-140, 146, 170-171, 234, 240, 264, 278, 291-292, 308-309, 311-312
Ariosto 128
Aristarchus van Samos 201
Aristoteles 14, 65, 83, 88, 108, 111-112, 119, 128, 133, 135, 137, 169, 200-205, 207, 211, 215, 217-220, 224-225, 273, 279, 291, 300, 307, 312
Augustinus 43, 73, 85

Baas Becking, L.G.M. 15, 127-128
Bacon, Francis 121, 238, 247, 295, 302
Bacon, Roger 238, 247
Banning, Willem 100-101
Barberini, Maffeo *zie* Urbanus VIII
Barrau, J.A. 12
Barrow, Isaac 160
Baudin, F. 70, 86-87, 100
Beeckman, Isaac 136-137, 247, 252, 302, 309, 311-312
Behaim, Martin 239
Beliën, H. 229
Bellarminus, Robertus 212-214
Bentley, Richard 122, 152
Bergh, H. van den 224
Bergh van Eysinga, H.W.Ph.E. van den 104
Berkel, K. van 21, 167, 229, 253, 312-313
Berkeley, George 161-162
Bernoulli, Johann 150, 152-154, 161
Beth, E.W. 83, 100, 107-108
Beth, H.J.E. 13, 108, 163-164
Blondel, Maurice 100
Boehme, Jacob 152
Bohr, Niels 29
Bois-Reymond, Emil du 174
Bolkestein, G. 46
Bolzano, Bernard 100

Boodt, Anselmus de 14
Bosmans, H. 70, 100
Bosscha, Johannes 204, 224
Bossuet, Jacques Bénigne 75, 102
Boudhors, Charles H. 70, 100-101
Bouthoul, Gaston 187
Boutroux, E. 70-71, 100
Boyle, Robert 121, 148
Bradwardine, Thomas 262, 297
Brandi, Karl 296
Brevet, F.J. 47
Brouwer, L.E.J. 17
Bruckner, Anton 20
Brugmans, H. 27-28
Brugmans, H.L. 308
Brunelleschi, Filippo 239

Brunetière, F. 76
Bruno, Giordano 89, 200, 204
Brunschvicg, L. 45, 69-101 *passim*, 186, 278, 287, 291
Buridan, Jean 135, 262, 296, 301
Butterfield, Herbert 266

Caccini, Tommaso 211
Cals, J.M.L.Th. 46
Calvijn, Johannes 275
Carcavy, Pierre de 78
Carlyle, Thomas 220
Carnot, Sadi 274, 300
Caspar, Max 119, 294
Castelli, Benedetto 209, 211
Cauchy, Augustin 53
Cavalieri, Francesco Buonaventura 58, 140
Châtelet, Madame du 158, 160
Chateaubriand, François-René 75-76, 100, 188
Chestov, Léon 70, 100
Chevalier, Jacques 70-72, 81, 100
Christina van Zweden 92
Cicero 221
Clarke, Samuel 152
Clavius, Christopher 207, 224
Cohen, E.J. 20-21
Cohen, H.F. 229
Colenbrander, H.T. 15, 17
Conant, James B. 251-252
Condorcet, Marquis de 71
Copernicus, Nicolaas 89, 96, 117, 177-209, 211-221, 224, 244, 266, 307, 310-311
Corneille, Pierre 258
Cotes, Roger 152
Coulomb, C.A. 182
Cousin, Victor 70
Cray, Catharina 231, 245
Crombie, A.C. 116
Cumont, Franz 295

Darwin, Charles 311
Delbet, Pierre 70-71, 100
Democritus 41, 150, 172-173
Descartes, René 15, 37-38, 58, 60, 79, 82, 88, 91, 95, 98, 100, 103, 121, 131, 136-137, 141, 144, 150, 154-156, 176-179, 186, 195, 267, 271, 308, 310
Dettonville, Amos (ps. van Pascal) 77-78
Diels, H. 291
Dijksterhuis, Berend 11
Dijksterhuis, Eduard Jan *passim*
Dilthey, Wilhelm 279
Dikshoorn, C. 312-313
Dingle, H. 175

Diophantos 53, 57-58
Dokter, T. 76, 100
Dugas, René 122
Duhamel, G. 69, 101
Duhem, Pierre 14, 199, 219, 271
Dürer, Albrecht 239

Eddington, A.S. 300
Einstein, Albert 27
Ekphantos van Syracuse 201
Elsevier, Lodewijk 223
Emmius, Ubbo 208, 244
Engelman, H. 101
Engels, Friedrich 275
Epicurus 150
Enklaar, D.Th. 312
Epicurus 150
Euclides 15, 49-50, 53, 56-59, 74, 87, 110-112, 119, 135, 161, 163, 264, 279, 291, 300, 310, 314
Eudoxos 55-56, 59, 87, 264
Euler, Leonhard 144, 148, 158-161, 180
Euripides 258
Eutocius 113

Faraday, Michael 275
Farrington, Benjamin 273, 279
Favaro, Antonio 199
Fermat, Pierre de 58, 79, 90, 291
Fontenelle, Bernard le Bovier de 161
Forbes, R.J. 251, 302, 306, 314-315
Forton, Jacques 97
Foscarini, Paolo Antonio 214
Fowler, Th. 302
France, Anatole 224
Francke, August Hermann 161
Frank, Philipp 183
Franklin, Benjamin 21, 312
Frederik de Grote 30
Freudenthal, H. 50
Friedlein, G. 110, 264

Galenus 116
Galilei, Galileo 14, 67, 69, 89, 96, 101, 103, 116, 118-119, 136-137, 140, 145, 147-149, 151, 171-172, 192, 195-224 *passim*, 227, 244, 262, 266, 299, 209

Galileo, Vincenzio 222
Gassend, Pierre 79, 150, 175-177
Gauss, C.F. 53
Gebler, Karl von 213
Geminus 312
Geyl, P.C.A. 15, 255, 281, 283, 296, 302, 306
Gilbert, Willlam 204
Giraud, Victor 80, 101
Givord, R. 101
Goethe, Johann Wolfgang von 46, 62, 184, 301, 312
Goorle, David van 14
Gregorius XIII 224
Gregorius XV 216
Gregory, James 309
Grassi, Horatio 215
Grisar, H. 199, 216
Groningen, B.A. 20, 125-126
Groot, Hugo de 97, 101, 243, 312
Grosseteste, Robert 116
Griesinger, Wilhelm 181
Guardini, Romano 80, 101

Habicht-Van der Waerden, H. 312
Hakfoort, C. 283
Hall, A. Rupert 283
Halley, Edmond 161
Hamilton, William Rowan 159
Hasse, H. 50
Hatzfeld, A. 71, 100-101
Heiberg, J.L. 66, 113, 292
Heisenberg, Werner 27, 186
Heller, S. 292
Helmholtz, H. 182
Heraclides van Pontus 201
Hero van Alexandrië 170
Heymans, Gerardus 107
Hipparchos 264
Hippokrates van Chios 54, 291-292
Hogardi, C.L. 21
Hoenen, P.J. 108
Hofmann, Joseph 186
Hooft, P.C. 231
Hooykaas, R. 20, 196, 251
Horatius 47
Huet, Conrad Busken 208, 255
Huet, Pierre Daniel 161
Huizinga, J. 15, 27, 127, 259
Humbert, Pierre 70, 101
Husserl, Edmund 108
Huygens, Christiaan 14, 58, 69, 79, 88, 101, 121-123, 136, 140, 146, 148, 150, 152, 154, 177-179, 184-185, 224, 247, 252, 266, 271, 302, 310-311, 313

Jacobi, Carl Gustav Jacob 159
Jaeger, F.M. 14, 21
Jansenius, Cornelius 73, 80
Jeans, James 185
Joule, James Prescott 274-275
Justinianus 224

Kant, Immanuel 36, 124, 158
Kepler, Johannes 44, 58, 69, 119-120, 124, 132-133, 140, 151, 184, 195, 202-204, 210, 216, 219, 244, 266, 294-295
Knorr, Wilbur R. 312
König, Samuel 160
Koyré, Alexandre 163
Kratzer, Adolf 186
Kuhn, Thomas S. 252
Kues, Nicolaas van 311
Kuile, E.H. ter 256

Lagrange, Joseph Louis 144, 159, 180
Lalouvère, Antoine de 78
Lange, Joachim 161
Laplace, Pierre Simon 153, 174-175, 185-182, 184
Laporte, Jean 70, 86-87, 101
Leavenworth, Isabel 70, 101
Leeuw, G.J. van der 281
Leeuwenhoek, Antoni van 247, 302
Lefebvre, Henri 70-71, 101
Leibniz, Gottfried Wilhelm 69, 123, 141-143, 150-160, 162, 179, 184-185
Leucippus 172-173
Lichtenberg, Georg Christoph 169
Lindberg, D.C. 197
Lorentz, H.A. 27
Loria, Gina 197
Lorini, Nicolò 211
Lücke, Theodor 171
Lucretius 172, 275
Luther, Maarten 208

Mach, Ernst 271
Mann, Thomas 30-32, 43, 46, 312
Maria Celeste 223
Mästlin, Michel 120
Mathieu 70
Maupertuis, Pierre Louis Moreau de 154, 158-160, 180

Maurits van Nassau 208, 228, 231-232, 241-246, 312
Maxwell, James Clerk 183
Mayer, Julius Robert 166, 181, 183, 274-275
Mead, George H. 274
Melsen, A.G.M. van 107
Menelaos 57
Méré, Chevalier de 79, 89, 93, 100-101, 291
Mersenne, Marin 77, 171
Meyier, F. de 47
Michaut, G. 74, 80, 101
Minnaert, M.G.J. 228, 302, 306
Mises, Richard von 108
Miton 93
Molière 150
Montalte, Louis de (ps. van Pascal) 77, 102
Montesquieu, Baron de 153
Moore, Merritt H. 274
More, L. Trenchard 122
More, Henry 152
Müller, I. von 292

Napier, John 141, 160
Napoleon 153
Nemorarius, Johannes 132, 234
Neugebauer, O. 50
Newton, Isaac 14, 18, 36, 69, 119, 121-123, 133, 140-142, 145-146, 148-155, 158-163, 165-166, 178-183, 195, 203, 220, 223, 266, 307-308, 310-312
Niccolini, Francesco 220, 223
Nicole, Pierre 86
Nietzsche, Friedrich 124
Noël, Etienne 95, 97
Numbers, R.L. 197
Nunez, P. 239, 243

Ogburn, W.F. 276, 279
Onfray, René 71
Oresme, Nicolas 135-137, 143, 163, 262, 296
Orsini, Alessandro 212
Ørsted, H.C. 182, 275
Ortega y Gasset, José 30, 32
Osiander, Andreas 200
Ostwald, Wilhelm 164
Oughtred, William 160

Pannekoek, A. 228
Pappus 57-58, 60, 66
Pareto, Vilfredo 187
Parmenides 100
Pascal, Blaise 18, 45-47, 60, 67-104 *passim*, 107, 147-148, 186-187, 196, 267, 269, 278-279, 287-289, 291, 308, 311
Pascal sr., Etienne 70

Pascal jr., Etienne 73
Pascal, Jacqueline 70-71, 93, 102
Paulus III 200, 224
Paulus V 207
Pelagius 104
Pell, John 160, 308
Périer, Florin 73, 75
Périer, Gilberte 72-78, 93
Périer, Marguérite 72, 75-77
Perrier, G. 101
Petit, Pierre 74
Philolaus 201
Piccolomini, Ascanio 223
Pirenne, H. 15
Plantijn, Chr. 234
Plato 35, 63, 65-66, 83, 86-87, 110-112, 120, 134-135, 137, 173, 184, 199, 217, 264-265, 273, 279
Polak, Fred. L. 166-167, 187-189
Prévost-Paradol, Lucien-Anatole 99, 102
Prins, Jan 265
Proklos 110-112, 264, 313
Proost, K.F. 256
Ptolemaeus, Claudius 57, 96, 114, 118-119, 200, 202-205, 210, 217-219, 221, 264, 295, 298, 300
Pythagoras 110, 264, 306

Racine, Jean 75, 102, 258
Randall jr., J.H. 278
Ranke, Leopold 290, 293-294, 296
Redondi, Pietro 197
Regiomontanus 233
Rembrandt 208
Rickert, Heinrich 34, 46
Riccioli, Giovanni Battista 147
Riemann, Bernhard 53
Rive, August-Arthur de la 182
Roannez, Duc de 77
Roannez, Mademoiselle de 94
Roberval, G.P. de 79
Rolland, Romain 30
Romein, Jan 228-229, 252-253, 256, 274, 281
Romein-Verschoor, Annie 228-229

Rømer, Ole 310
Rothacker, Erich 34, 46
Rothman, Christoph 204
Rutherford, Ernest 27
Rutten, F.J.Th. 46, 270

Sacrobosco 205
Sainte-Beuve, C.A. 73-75, 92, 101
Saksen, Albert van 135, 262
Santillana, G. de 224
Sarton, George 19-20, 251-252, 312, 314
Sassen, F. 70, 101
Schelling, Friedrich Wilhelm Joseph von 275
Schepp, C.L. *zie* Prins 265
Scholz, Heinrich 50, 83, 101, 112, 186
Schopenhauer, Arthur 104, 208, 223, 269, 289
Schrödinger, Erwin 27, 124
Serrurier, C. 83, 101
Shakespeare, William 258
Simon, F.E. 191
Simplicius 217, 224-225, 291
Sixtus V 224
Smit-Dijksterhuis, J.K.E. 68
Snelders, H.A.M. 311
Snellius, W. 243
Snow, C.P. 20, 279
Socrates 103
Sophocles 258
Spengler, Oswald 50, 53-54, 58, 61
Spinoza, Baruch de 161
Spranger, Eduard 265, 279
Stevin, Frederik 232
Stevin, Hendrik 232, 241, 245
Stevin, Levina 232
Stevin, Sinmon 16-17, 19, 118, 133, 136-137, 141, 146-147, 208, 227-247, 266, 303, 306, 312-315
Stevin, Susanna 232
Strauss, E. 199
Strijd, Krijn 67-68
Strijd-Glas, M. 68
Strowski, F. 71-72, 78, 82, 92, 95, 97-99, 101
Swinden, J.H. van 308
Suarès, André 30
Symons, B. 308

Tannery, Paul 50, 100, 267, 271
Telders, B.M. 17
Toeplitz, Otto 61, 66
Thales van Milete 54, 273
Theaitetos 55
Theodosios 57

Thirion, J. 70, 101
Thomas van Aquino 211, 215, 224
Torricelli, Evangelista 74, 98, 146
Tourneur, Z. 71, 101
Toynbee, Arnold J. 32
Truc, Gonzague 80, 101
Tycho Brahe 96, 119, 203-205, 312
Tyndall, John 181

Urbanus VIII 207, 216, 219-220

Vacandard, E. 199
Vaissier, J.J. 302, 306
Varignon, Pierre 147, 156
Ver Eecke, Paul 59, 66
Viète, François 141
Vinci, Leonardo da 171, 239, 271
Voltaire 71, 80, 101, 158, 160
Vregille, P. de 199
Vries, J. de 101
Vroonhoven, J.P.C. van 302, 306

Waard, C. de 310
Waerden, B.L. van der 50, 66
Wallis, John 78, 160
Watt, James 274
Weizsäcker, Carl Friedrich von 166, 186
Werumeus Buning, J.W.F. 17
Weyrauch, J.J. 181
Whittaker, E. 300
Wielen, W. van der 310
Willem van Oranje 15
Woelderink, B. 229
Wohlwill, E. 199, 213
Wolff, Christian 160
Wright, Edward 239

Zeno van Elea 49, 128, 134, 139
Zenodoros 57
Zola, Emile 128